

EDICT OF GOVERNMENT

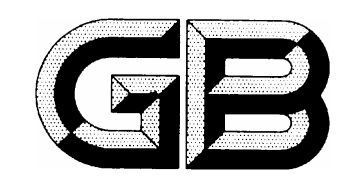
GB 14598-27 (2008) (Chinese): Measuring relays and protection equipment, Part 27 Product safety requirements



BLANK PAGE



ICS 29.120.70
K 45



中华人民共和国国家标准

GB 14598.27—××××

代替GB 16836－2003

量度继电器和保护装置
第 27 部分：产品安全要求

Measuring relays and protection equipment-
Part 27：Product safety requirements

（IEC 60255-27:2005，MOD）

（报批稿）

××××-××-××发布　　××××-××-××实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会
发布

目　　次

前 言

本部分条文为强制性，强制性条文为5.1.1.2、5.1.2.2、5.1.3、5.1.5、5.1.6、5.1.7、5.1.9、5.2、第6章、7.2.2、7.5、7.9、7.10和第9章。

本部分修改采用IEC 60255-27:2005第1版《量度继电器和保护装置　第27部分：产品安全要求》（英文版），并包含了其勘误件Corrigendum1:2007-03。

为便于使用，**本部分**作了下列编辑性修改：

a）‘本国际标准’一词改为‘本**部分**’；

b）用小数点‘.’代替作为小数点的‘,’；

c）删除国际标准的前言。

本部分的层次和结构与IEC 60255-27:2005基本保持一致，主要的差异是：

——在D.2.2中增加了额定绝缘电压为250 V时确定爬电距离的方法，以及对于印制电路板类材料在电气间隙和爬电距离不大于2 mm时的确定方法；

——增加了附录M（资料性附录）：单一故障条件的概念、评估和试验；

——对IEC 60255-27:2005中的明显错误做了更改，并以采标注的形式指明。

本部分的插图采用IEC 60255-27:2005的原图，部分插图可能与我国的制图标准有差异，但并不影响理解。

本部分代替GB 16836－2003。

本部分的附录A、附录C、附录D和附录F为规范性附录，附录B、附录E、附录G～附录M为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国量度继电器和保护装置标准化技术委员会归口。

本部分主要起草单位：北京四方继保自动化股份有限公司、国电南京自动化股份有限公司、许继电气股份有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心、积成电子股份有限公司、上海天正明日电力自动化有限公司、北京紫光测控有限公司。

本部分主要起草人：田蘅、王胜、李瑞生、夏雨、陈卓、袁文广、毛亚胜、李明、郑蔚。

本部分首次发布。

本部分所代替标准的历次发布情况为：

——GB 16836－1997,GB 16836—2003。

引　言

为了证明设备的安全性，有必要参考除了GB/T 16935.1以外的一些通用安全标准，例如GB 4793.1。

为了减小着火、电击的危险或者对用户的伤害，这些通用安全标准规定了对一般的产品类型或产品族的要求。这些产品的种类不包括量度继电器和保护装置。这些标准也考虑到了单一故障条件的情况。对于安全问题，本标准优先于其他通用标准。

由于要求的不一致，采用这些所有种类繁多的标准时会产生混淆，例如对于同样的额定电压会产生不同的电气间隙、爬电距离和试验电压等。

本部分的目的是：

——消除由于现存标准间要求的不一致而产生的混乱状态；

——在整个量度继电器和保护装置的国际工业领域获得一个统一的方法。

本部分以这些通用标准和GB/T 16935.1为基础，考虑了GB/T 14598.3中的所有要求，规定了量度继电器和保护装置产品安全问题的细节。

本部分包括下列各章：

1．范围

2．规范性引用文件

3．术语和定义

4．一般安全要求

5．电击防护

6．机械要求

7．可燃性及防火

8．通用和基本的安全设计要求

9．标志、文件和包装

10．型式试验和例行试验

规范性和资料性的试验由表11给出。

设备通常被安装在发电厂、变电站或工业（商业）环境中的一个限制靠近的区域内。设备应用的环境条件采用IEC 60255系列标准的规定。本部分考虑了正常情况下因潮湿而导致的腐蚀，但不包括大气污染所引起的腐蚀。

为保证安全，一般假定只有懂得工作规程的人员，才能靠近正常运行的设备。尽管如此，运行人员也宜对预料不到的危险有所防护。

本部分适用于至少在下列环境条件下设备的安全设计：

——户内使用；

——海拔高度不超过2 000 m；

——外部工作温度范围与GB/T 14047一致；

——最大外部相对湿度93%，无凝露；

——电源的电压波动与GB/T 14047一致；

——适用的电源过电压类别；

——外部污染等级1和外部污染等级2。

量度继电器和保护装置

第27部分：产品安全要求

1 范围

本部分规定了额定交流电压最高为1 000 V、额定频率最大为65 Hz，或额定直流电压最高为1 500 V的量度继电器和保护装置的产品安全要求。在此限值之上的设备宜由GB 311.1和GB/T 311.2确定其电气间隙、爬电距离和耐受试验电压[1]。

本部分详述了基本的安全要求，以使由着火、电击产生的危险或对用户的伤害降至最小。

本部分不包括安装的安全要求，包括安装和使用在机柜、机架和屏上以及再测试的所有方式的设备。本部分也适用于仅仅与量度继电器和保护装置一起使用和试验的辅助器件，例如分流器、串联电阻、互感器等。

与量度继电器和保护装置联合使用的辅助设备，可能需要符合附加的安全要求。

本部分仅规定产品的安全要求，因此不涉及设备的功能特性。

包括 EMC 在内的功能性安全要求不包括在本部分中，功能性安全风险分析也不在本标准的范围之内。

本部分不对单一设备或电路和元器件的如何实现作出规定。

本部分旨在提供一个覆盖量度继电器和保护装置产品安全问题的所有方面，以及相关的型式试验和例行试验的综合标准。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 191 包装储运图示标志 (GB/T 191－2000，eqv ISO 780:1997)

GB 311.1 高压输变电设备的绝缘配合（GB 311.1－1997，neq IEC 60071-1:1993）[1]

GB/T 311.2 绝缘配合 第2部分：高压输变电设备的绝缘配合 使用导则（GB/T 311.1－2002,eqv.IEC 60071-2:1996）[1]

GB/T 2423.1－2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（idt IEC 60068-2-1:1990）

GB/T 2423.2－2001 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（idt IEC 60068-2-2:1974）

GB/T 2423.3－2006 电工电子产品基本环境试验规程 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验（IEC 60068-2-78:2001,IDT）

GB/T 2423.4－1993 电工电子产品环境环境试验规程 试验Db：交变湿热试验方法（eqv IEC 60068-2-30:1980）

GB 4208－1993 外壳防护等级（IP代码）（eqv IEC 60529:1989）

GB/T 5169.16－2002 电工电子产品着火危险试验 第16部分：50 W水平与垂直火焰试验方法(IEC 60695-11-10:1999，IDT)

采标注：

1 IEC原文误为IEC 60664-1，应为IEC 60071-1，即GB 311.1，以及GB/T 311.2。

GB/T 5465.2－1996　电气设备用图形符号（idt,IEC 60417：1994）

GB 7247.1　激光产品的安全　第1部分：设备分类、要求和用户指南(GB 7247.1－2001，idt IEC 60825-1:1993)

GB 9364.1　小型熔断器　第1部分：小微型熔断器定义和小微型熔断体通用要求(GB 9364.1－1997，idt IEC 60127-1:1988)

GB/T 11287　电气继电器　第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验　第1篇：振动试验（正弦）(GB/T 11287－2000，idt IEC 60255-21-1:1988)

GB/T 12113－2003　接触电流和保护导体电流的测量方法 (IEC 60990:1999，IDT)

GB/T 14047　量度继电器和保护装置(GB/T 14047－1993，idt IEC 60255-6:1988)

GB/T 14537　量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验(GB/T 14537－1993，idt IEC 60255-21-2:1988)

GB/T 14598.3－2006　电气继电器　第5部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验（IEC 60255-5:2000,IDT）

GB/T 14598.18－2007　电气继电器 第22－5部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验－浪涌抗扰度试验（IEC 60255-22-5:2002，IDT）

GB/T 16935.1－1997　低压系统内设备的绝缘配合　第1部分：原理、要求和试验（idt IEC 60664-1:1992）

GB/T 16935.3　低压系统内设备的绝缘配合　第3部分：利用涂层、罐封和模压进行防污保护 (GB/T 16935.3－2005，IEC 60664-3:2003，IDT)

GB/T 17045－2006　电击防护　装置和设备的通用部分（IEC 61140:2001,IDT）

GB/T 17627.1　低压电气设备的高电压试验技术　第1部分：定义和试验要求(GB/T 17627.1－1998，eqv IEC 61180-1:1992）

GB/T 17627.2　低压电气设备的高电压试验技术　第2部分 测量系统和试验设备（GB/T 17627.2－1998，eqv IEC 61180-2:1994）

GB/T 18290.2-2000　无焊连接 第2部分:无焊压接连接 一般要求、试验方法和使用导则（IEC 60352-2:1996, IDT）

IEC 60085:2004　电气绝缘　耐热性分级

IEC 60255-21-3:1993　电气继电器　第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第3部分：地震试验

IEC 60352-1:1997　无焊连接　第1部分：无焊绕接 一般要求、试验方法和实用指南

IEC 60417-DB:2005　设备用图形符号[1]

IEC 60529 修改件1（1999）[2]

IEC 60664-1 修改件1（2000）

IEC 60664-1 修改件2（2002）[3]

IEC 60664-5:2003　低压系统内设备的绝缘配合　第5部分：确定不大于2 mm的电气间隙和爬电距离的综合方法

IEC 60695-2-20:2004　着火危险试验 第2-20部分：基于灼热丝/热丝的基本试验方法　材料的发热线圈起燃性　仪器、试验方法和指南

IEC 60695-11-10 修改件1（2003）

IEC 60825-1 修改件1（1997）

IEC 原注：

1）“DB”参见IEC在线数据库。

2）存在一个包括2.0版及其修改件1的整理版2.1(2001)。

3）存在一个包括1.0版及其修改件1和修改件2的整理版1.2(2002)。

4）存在一个包括1.0版及其修改件1和修改件2的整理版1.2(2001)。

IEC 60825-1 修改件 2（2001）[4)]
IEC 62151:2000　与电信网络电气连接的设备安全
ISO 7000-DB:2005 [5)]　设备用图形符号　索引和大纲

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

注：本部分未给出的通用术语的定义，宜参考基本安全标准GB/T 16935.1-1997中1.3和IEC 60050(151及447 [2])。

3.1

（部件的）可接近　accessible (of a part)

正常使用时能够用附录F中的标准刚性试验指或铰接式试验指触及。

[IEV 442-01-15，修改]

注1：在本部分中，正常使用时的可接近仅适用于设备的前部。

注 2：可连接并引出机柜或设备，或在设备前部面板上无需打开盖子或挡板就可接近的通信电路（网络），宜认为是可接近的，即是保护等电位联结（PEB）、保护特低电压（PELV）、安全特低电压（SELV）电路或等同级别的电路。

3.2

相邻电路　adjacent circuits

由必要的基本绝缘或双重绝缘（加强绝缘）与所考虑的电路隔离的电气回路。由优于双重绝缘或加强绝缘隔离的电路不认为是相邻电路。

3.3

环境温度　ambient temperature

由规定条件确定的整个设备周围空气的温度。

[IEV 441-11-13，修改]

注 1：对于安装在外壳内部的设备，环境温度为外壳外部的空气温度。

注 2：环境温度在任何相邻设备距离的一半、距离设备壳体不超过300 mm的设备高度的中点处测量，并防止来自设备的直接热辐射。

3.4

遮栏　barrier

对来自任何经常靠近方向上的直接接触提供防护的部件。

[IEV 826-12-23]

注：遮栏可以对着火蔓延提供防护（见第7章）。

3.5

基本绝缘　basic insulation

为危险带电部分提供基本防护的绝缘。

[IEV 826-12-14，修改]

注：本概念不适用于专用于功能性目的的绝缘。

3.6

边界面　bounding surface

设备壳体的外表面。对于可接近的绝缘材料表面，则认为贴压了金属箔。

3.7

采标注：

2　IEC 原文误为“(151-448)”，应为“(151 及 447)”。

IEC 原注：

5)“DB”参见 ISO 在线数据库。

Ⅰ类设备　Class Ⅰ equipment

依靠基本绝缘提供基本的电击防护以及依靠保护连接提供故障防护，使设备壳体外部的可导电部分在基本绝缘失效后不会成为带电部件的设备。

3.8

Ⅱ类设备　Class II equipment

设备依靠：

——基本绝缘提供基本电击防护，和

——附加绝缘提供故障防护，或者

——加强绝缘提供基本的防护和故障防护。

注：出于安全目的，不应提供保护导体或依赖于安装条件。但是对于功能性目的（例如EMC），允许把接地导体连接于Ⅱ类设备上。

3.9

Ⅲ类设备　Class Ⅲ equipment

依靠安全特低电压（SELV）或保护特低电压（PELV）电路供电提供电击防护，并且不产生危险电压的设备或设备部件。

3.10

电气间隙　clearance

两导电部件之间或一个导电部件与无论是否导电的设备外部的边界面之间，在空气中测量的最短距离。

3.11

相比电痕化指数（CTI）　comparative tracking index (CTI)

在规定的试验条件下，材料不出现电痕化所能够耐受的最高电压（单位为伏特）的数值。

[IEV 212-01-44]

3.12

通信电路/网络　communication ciruit/network

用于接收和（或）传输数字或模拟信号的电路（网络）。它可以通过光纤、磁或电磁发射方式或金属性连接与其它电路通信。

3.13

爬电距离　creepage distance

两导电部分之间或一个导电部分与设备的边界面（可接近部分）之间，沿着固体绝缘材料表面测量的最短距离。

[IEV 151-15-50，修改]

3.14

直接接触　direct contact

人与带电部分的电气接触。

[IEV 826-03-08]

3.15

双重绝缘　double insulation

由基本绝缘和附加绝缘两者组成的绝缘。

[IEV 195-06-08]

注：基本绝缘和附加绝缘是独立的，各自用于基本的电击防护设计。

3.16

ELV（特低电压）　ELV (extra low voltage)

参见表A.1。

3.17

机壳（外壳） enclosure

为预期的应用提供适当的防护类型和等级的外壳。

[IEV 195-02-35]

注： 机壳可以提供对着火蔓延的防护（见第7章）。

3.18

设备 equipment

量度继电器和保护装置。

3.19

EUT

被试设备。

3.20

外露可导电部分 exposed conductive part

正常条件下不带电，但在单一故障条件下可能带电并可接近的电气设备的导电部分。

[IEV 826-03-02，修改]

注 1：对于未封闭的设备，其机架、安装的器件等可能成为外露可导电部分。

注 2：对于封闭的设备，当设备装配在其正常使用的位置时，包括其安装表面的可接近的导电部件构成外露可导电部分。

3.21

防火外壳 fire enclosure

用来使来自设备内部的着火或火焰的蔓延减少到最低限度的设备部件。

3.22

功能接地 functional earthing；functional grounding(US)

除了电气安全目的之外，在系统或设施或设备内的一点或多点接地。

3.23

功能绝缘 functional insulation

为了设备正常功能所必需的，在可导电部分之间所设置的绝缘。

[IEV 195-02-41]

3.24

危险能量等级 hazardous energy level

在电压不小于2 V时，不小于240 VA、持续时间不小于60 s的有效功率等级，或者不小于20 J（例如来自一个或多个电容器）的储存能量等级。

3.25

危险带电部分 hazardous live part

电压超过交流33 V或直流70 V的带电部分。

[IEV 826-03-15，修改]

3.26

危险带电电压 HLV (hazardous live voltage)

正常运行条件下，超过交流33 V或直流70 V的电压。

3.27

HBF级泡沫材料 HBF class foamed material

以所使用的最小有效厚度试验并依据ISO 9772分类为HBF的泡沫材料。

3.28

HB40级材料 HB40 class material

以所使用的最小有效厚度试验并依据GB/T 5169.16分类为HB40的材料。

3.29

HB75级材料 HB75 class material

以所使用的最小有效厚度试验并依据GB/T 5169.16分类为HB75级的材料。

3.30

高集成度 high-integrity

高集成度的部件或元件不会有引起本标准含意上的危险的缺陷。在施加单一故障条件时，高集成度的部件或元件可认为不易失效。

3.31

限能电路 limited-energy circuit

在7.11中规定。

3.32

带电部分 live part

在正常使用中预期被激励的导体或导电部分，包括中性导体。

[IEV 195-02-19，修改]

注： 本概念并不意味电击危险。

3.33

微观环境 micro-environment

在不考虑正常运行中由设备自身产生污染的情况下，直接围绕在爬电距离和电气间隙周围的环境条件。

[IEV 442-01-29，修改]

注： 爬电距离或电气间隙的微观环境决定绝缘的效果，而不是由设备的环境决定。

3.34

非一次电路 non-primary circuit

与直流或交流电源以及外部的电压互感器和电流互感器电气隔离的电路。

3.35

正常使用 normal operational use

在现场具备全部覆板和防护措施的设备，在正常工作条件下安装和操作。

3.36

过电压类别 overvoltage category

用数字表示的瞬态过电压条件。过电压类别详见D.1.6。

注： 过电压类别用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级表示。

3.37

保护等电位联结电路（PEB电路） PEB-circuit(protective equipotential bonding circuit)

见表A.1。

3.38

保护特低电压电路（PELV电路） PELV-circuit (protective extra low voltage circuit)

见表A.1。

3.39

污染 pollution

任何固体、液体或气体等外来附加物质能够导致绝缘体的介质强度或表面电阻率永久下降的现象。

[IEV 442-01-28]

注： 暂态的电离气体不作为污染考虑。

3.40

污染等级　pollution degree

用数字表征微观环境受预期污染的程度。

3.41

污染等级1　pollution degree 1

一般无污染或只出现干燥的、非导电性的污染。此种污染无影响。

3.42

污染等级2　pollution degree 2

除了可能有时会出现由凝露造成的暂时性导电之外，一般只出现非导电性的污染。

3.43

污染等级3　pollution degree 3

一般有导电性污染出现，或者由于可能出现的凝露使得干燥的、非导电性的污染变成导电性污染。

3.44

污染等级4　pollution degree 4

这种污染一般会由于导电性灰尘或雨雪而造成持久的导电性。

3.45

一次电路　primary circuit

直接与交流或直流电源输入连接的电路。与电压互感器或电流互感器连接的设备的电路也视为一次电路（见5.1.9.1.1和附录A）。

注： 符合表A.1中特低电压（ELV）电路的要求并且由外部交流或直流电源供电的量度继电器的电路可作为非一次电路，该电路在电源输出端提供不超过图I.1要求的任何瞬态或脉冲电压。

3.46

保护联结　protective bonding

把外露可导电部分或保护屏蔽体连接到一个与大地安全贯通的外部保护导体，为其提供电气连续性的一种电气连接。

3.47

保护联结电阻　protective bonding resistance

保护导体端子与要求连接到保护导体的导电部件之间的电阻。

3.48

保护导体　protective conductor

为了达到安全目的，例如电击防护，为下列任一部分提供电气连接的导体：

- 主接地端子；
- 外露可导电部分；
- 接地电极；
- 电源的接地点或人工中性接地点。

[IEV 195-02-09，修改]

3.49

保护接地　protective earthing; protective grounding(US)

设备中用于对故障情况下提供电击防护的一点接地。

3.50

保护阻抗　protective impedance

导电部分与外露可导电部分之间的连接阻抗。在设备正常操作和可能的故障条件下，其阻抗值可使电流限制在一个安全值，以维持设备在整个寿命期的可靠性。

[IEV 442-04-24，修改]

注： 保护阻抗宜耐受双重绝缘的介质电压试验，保护阻抗的选择宜考虑它的主要的故障模式。

3.51

保护屏蔽 protective screening；protective shielding(US)

通过连接到保护等电位联结系统的电气保护屏蔽体，实现电路和（或）导体与危险带电部分隔离，旨在提供电击防护。

[IEV 195-06-18]

3.52

保护分隔 protective separation

一个电路与另一个电路通过以下方式进行隔离：

- 双重绝缘，或
- 基本绝缘和电气保护屏障，或
- 加强绝缘。

3.53

额定冲击电压 rated impulse voltage

由制造厂对设备或其中的某一部分指定的冲击电压值,用以表征其绝缘对瞬态过电压的规定的耐受能力。电气间隙与此有关。

3.54

额定绝缘电压（RIV） rated insulation voltage (RIV)

由制造厂对设备或其部件规定的电压值，用以表征其绝缘规定的（长期）耐受能力，与介质电压试验和爬电距离有关。

[IEV 442-06-39，修改]

注1：额定绝缘电压不一定与设备的额定电压相等，后者主要与设备的功能特性有关。

注2：额定绝缘电压与电路之间的绝缘有关。

注3：对电气间隙和固体绝缘来说，以其出现的电压峰值作为其额定绝缘电压确定值；对爬电距离来说，交流有效值或直流电压值作为额定绝缘电压的确定值。

3.55

额定电压 rated voltage

由制造厂指定的元件、器件或设备在规定工作条件下的电压值。

注： 设备可以有多个额定电压值，或具有一额定的电压范围。

3.56

加强绝缘 reinforced insulation

提供的电击防护等级相当于双重绝缘的危险带电部分的绝缘。

注： 加强绝缘可以由几个不能按基本绝缘或附加绝缘那样单独试验的绝缘层组成。

[IEV 195-06-09]

3.57

限制进入区域 restricted access area

只有经过特别授权并具有一定安全知识的电气专业人员和受过培训的人员进入的区域。

[IEV 195-04-04，修改]

注： 这些区域包括在金属外壳内或其它封闭设施内的开关场、配电场、成套开关设备、变压器、配电系统等。

3.58

例行试验 routine test

在制造中或制造后对每一独立项目所进行的符合性试验。

[IEV 151-16-17]

3.59

屏蔽体 screen；shield(US)

封闭或隔离电气电路和（或）导体的可导电部件。

3.60

分隔的/安全特低电压电路（SELV电路） SELV-circuit (separate/safety extra low voltage circuit)

见表A.1。

3.61

附加绝缘 supplementary insulation

除基本绝缘之外，另外再设置的独立绝缘，其目的是万一基本绝缘失效时提供电击防护。

[IEV 195-06-07，修改]

3.62

电痕化 tracking

固体绝缘材料由于局部放电形成导电或部分导电通路而造成的表面逐渐老化。

[IEV 212-01-42]

注： 电痕化通常是由表面污染物造成的。

3.63

型式试验 type test

对某一特定设计的一个或多个装置进行的试验，以检验这些装置是否符合有关标准的要求。

[IEV 851-02-09]

3.64

用户 user

经过适当培训并具有必要经验的工作人员，他们在限制进入的区域内操作设备时能够意识到所面临的危险，而且通晓采用一些措施使自己和他人的危险降至最小。

3.65

耐受 withstand

在施加有关的环境或试验条件（例如冲击电压）下，设备的生存状态。

3.66

工作电压 working votage

设备在额定电压下供电，能够通过任一特定绝缘出现的最高交流电压有效值或最高直流电压值。

注 1：忽略瞬态电压。

注 2：开路条件和正常操作条件两者均考虑在内。

4 一般安全要求

设备不应危及人身和财产的安全。

用于Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类设备的电击防护适用于那些在正常运行下可接近的部分。

特低电压（ELV）、保护等电位联结（PEB）、安全特低电压（SELV）和保护特低电压（PELV）电路对来自危险带电电压的电击提供防护，没有必要与Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类的设备分类联系。

4.1 接地要求（接地和屏蔽）

设备中的接地要求不仅仅是减少干扰的影响，而更重要的是出于对人身安全的考虑。两者之间若存在任何冲突，人身安全总应占据优先地位。

出于安全目的，对于Ⅱ类设备来说，不应提供保护导体或者依赖安装条件。然而，出于功能方面（如EMC）的目的，允许接地导体连接于Ⅱ类设备（见表A.2）。

5 电击防护

5.1 电击防护要求

应采用良好的结构和工程规范保护用户免受电击的危害。

有关电击防护的构件和设备的试验，应按第10章中规定的型式试验和例行试验进行。

应提供对可接近的危险带电部分的接触防护。

任何没有至少是通过基本绝缘与危险带电部分隔离的导电部分，应认为是带电部分。

如果可接近的金属部分的表面是裸露的，或者由不符合基本绝缘要求的绝缘层覆盖，则被认为是导电的。

对设备施加单一故障条件不应导致电击危险。

在单一故障条件下可能危险带电的未接地的可接近的导电部分，应以双重绝缘或加强绝缘与危险带电体隔离，或与保护导体连接，或符合5.1～5.1.10的要求。

附录A包含设备的绝缘分类。

附录D用于确定电气间隙、爬电距离以及型式试验的耐受电压。

5.1.1　可接近部分

除非很明显，在正常使用中确定一个部分是否“可接近”，应根据以下及5.1.1.1的规定进行。

预期连接到外部可接近电路的电路，应考虑为可接近的导电部分，例如通信电路。

除非要求施加作用力，采用5.1.1.1中规定的合适的试验指时不应施加作用力。如果能够用试验指或试验探针触及，或者在正常操作下触及时防护物没有提供适当的保护，则这些部分被认为是“可接近的”（见后注）。

在可接近的导电部分或电路，由双重绝缘或加强绝缘与依照5.1.4的规定通过元件跨接的其它部分隔离，可接近的导电部分或电路在正常运行状态下的电流限值应符合5.1.1.2.1的规定，在单一故障条件下应符合5.2.4.1.1的规定。这些要求应适用在介质电压试验之后。

对地电压超过交流有效值1 kV或直流1.5 kV的危险带电部分，如果试验指或试验探针与危险带电部分之间的距离小于由GB/T 16935.1—1997规定的工作电压下基本绝缘所适用的电气间隙，则认为这一部分是“可接近的”，见5.1.9.1 [3]。

对于接入插入式模件的设备，那些距离设备开口达180 mm能被铰接式试验指（见5.1.1.1）触及到的部分，被认为是“可接近的”。

注：易损的材料例如油漆、搪瓷、氧化物及阳性膜等，不认为能提供适当的绝缘。未浸渍的材料，例如纸、纤维、纤维材料等，也不认为能提供适当的绝缘。

5.1.1.1　可接近部分的确定

在正常运行中，如果用户需要执行任何可能增加部件可接近性的操作，无论是否借助工具（例如螺丝刀、硬币、钥匙等），这些操作都应在履行5.1.1.1.1～5.1.1.1.3的检查之前进行。例如包括：

- 拆除覆板；
- 调整控制；
- 更换耗材；
- 拆除部件。

5.1.1.1.1　一般性检查

铰接式试验指（见图F.2）应施加于每个可能的位置。如果设备的某一部分可能通过施加作用力而变为可接近部分，应采用施加10 N力的刚性试验指（见图F.1）。该作用力应从试验指的顶部施加，以避免楔入和产生杠杆作用。本试验应对包括底部的所有外表面施加。

5.1.1.1.2　外壳封闭的危险带电部分上的开口

一个长100 mm、直径4 mm的金属试验探针应插入设备外壳的任一开口，试验探针应自由悬挂，而插入外壳深度达100 mm的部分应是危险带电部分。本试验不应对端子施加。

采标注：

3　IEC原文误为5.1.5.4。

5.1.1.1.3　预设置控制器的开口

一个直径3 mm的金属试验探针应从设备外壳的孔插入，以接近需要使用螺丝刀或其它工具进行预设置的控制器。试验探针应从该孔的任一可能方向插入。插入的深度不能超过从设备外壳表面到控制器轴的距离的3倍，或者不能超过100 mm，取两者中的较小值。

5.1.1.1.4　特低电压（ELV）等级或移开覆板时可接近的带电部分

如果不借助工具而将覆板移开时，特低电压（ELV）等级（例如可更换的电池或机电式继电器的触点）或带电部分是可接近的，当覆板移开时要求有一个醒目的警示标志。该警示标志应包含表9中的符号14和/或符号12。

5.1.1.1.5　接线端子

正常运行条件下，不能触及的以及在限制进入区域内或面板后的配线端子应认为是不可接近的。然而，宜按照 GB 4208—1993中5.1规定的至少为IP1X的防护等级提供对于偶然接触造成电击的防护。

如果没有提供按照GB 4208—1993中5.1规定的IP1X防护等级，应在外露的危险带电接线端子附近标记表9中的警示符号12。

应通过目测或试验验证与5.1.1～5.1.1.1.5的符合性。

5.1.1.2　可接近部分的允许限值

在可接近部分和基准试验地之间，或在设备同一部分上相距1.8 m（沿着表面或通过空气）之内的任意两个可接近部分之间的电压、电流、电荷或能量，在正常运行条件下不应超过5.1.1.2.1中的规定值，在单一故障条件下不应超过5.2.4.1.1中的规定值。

5.1.1.2.1　正常运行条件下的限值

正常运行条件下，超过下列a)～c)水平（限值）的被认为是危险带电。只有当电压超过a)中的限值时，才采用b)和c)中的限值。

a)　电压水平：交流 33 V，或直流 70 V；
　　作为潮湿场所使用的设备,电压限值为：交流 25 V，或直流 37.5 V；

b)　电流限值见表 1；

表1　正常运行条件下的电流限值

安装地点	GB/T 12113－2003中图3和图4 采用的测量电路	正弦波形 有效值 mA	非正弦或混合 频率波形 峰值 mA	直流 mA
干燥	图4	0.5	0.7	2
潮湿	图3，R_S =375 Ω(代替1 500 Ω)	0.5	0.7	2
干燥	图3，R_B =75 Ω； 关系到30 kHz～500 kHz频率范围内可能的燃烧	70	—	—

c)　电容水平的电荷或能量限值见表 2。

表2　正常运行条件下电容的电荷或能量限值

最大水平	交流峰值或直流电压
45 μC	最大15 kV
350 mJ	≥ 15 kV
注：图I.2表明了正常运行和单一故障两种状态下相对于电容值的最大可接受电压。	

5.1.2　与危险带电部分接触的防护

对可接近危险带电部分的直接接触防护应由足够的绝缘、设备外壳或遮栏提供。

5.1.2.1　绝缘

绝缘要求应在考虑下列影响因素后确定：

• 所考虑的电路的标称额定电压(见附录 B)；

• 过电压类别(见附录 C 和 D)；
• 污染等级(见附录 D)；
• 绝缘水平，例如特低电压、安全特低电压、保护特低电压或保护等电位联结(见附录 A)；
• 绝缘的规定(见附录 A 和附录 D)。

5.1.2.2 设备外壳和遮栏

危险带电部分应置于至少符合GB 4208—1993中5.1中防护等级IP2X要求的外壳内或遮栏之后，以便在正常运行中是不可接近的。如果不使用工具能移开覆板，表9中序号12的警示符号应可见。

在正常运行中，易接近的遮栏的顶部表面至少应符合GB 4208—1993中5.1规定的防护等级IP4X的要求。任何这样的遮栏应有足够的力学强度、稳定性和持久性,以保持所规定的防护等级,并稳固地安放在适当的位置,只能借助工具才可移开。

由于人工更改设置等原因而可能偶然触及的危险带电部分，应至少符合GB 4208—1993中5.1的防护等级IP2X的要求。

注： IP2X提供对手指的防护，IP4X提供对直径1 mm的金属线进入的防护。

采用附录F规定的试验指验证与5.1.2.2的符合性。

5.1.2.3 采用多股导线的危险带电端

在导线承受接触压力的情况下，除非采用压接方法以降低由于焊料的冷态流动引起不良接触的可能性，多股导线末端不应采用软钎焊加固。补偿冷态流动的弹簧端子能满足此要求，压紧螺钉不足以能够预防旋转。

端子应固定、防护或绝缘，以使得在安装多股软导线时，如果导线中的某一股脱落，不应有类似的单股芯线与下列部件之间存在偶然接触的可能：

• 可接近的导电部分；或
• 仅通过附加绝缘与易接近的导电部分隔离的未接地的导电部分。

通常情况下，考虑用一根标称长度为8 mm的松散的多股线来评估这种风险。

如果确定有这样的风险，制造厂应在文档中给予说明并在设备上标记表9中14的警示符号。此风险能够通过采用诸如一个绝缘压接端头或单股导线消除。

通过检验验证与5.1.2.3的符合性。

5.1.3 电容器放电

设备断开以后，电容器应在5 s内放电至残留电荷50 μC或电压20 V。对于已安装设备，如果插头插座式器件上的电压会被触及，并且这些器件在带电时不使用工具就能被拔出，则电容器应在1 s内放电至50 μC，或电压至20 V。

对于以上两种放电情况，应在关闭设备5 s或1 s之后，通过计算能量或测量电压进行试验。如果几个电容器通过电路相互连接,应以同样的计算予以确定。

如果由于设计的限制不能满足以上参数的要求,那么在设备上应有一个容易发现的警示标志,以便在退出期间电容器能安全放电。

通过计算或测量验证与5.1.3的符合性。

5.1.4 保护阻抗

为了使未接地的可接近的导电部分在单一故障条件下不致成为危险带电部分,保护阻抗应为下面的一种或多种：

• 一个高集成度元件，例如在最小额定电压有效值 3 250 V 时至少耐受 1 min 的高耐压电容器和电阻器，并且满足正常运行条件下 5.1.1.2.1 和单一故障条件下 5.2.4.1.1 的要求；
  在正常运行条件下，高集成度电阻器在最高环境温度时的额定功率至少应为该电阻器实际功耗的两倍。如果元件的主要失效模式是短路，不应采用单一元件；
• 元件的组合，例如两个串联的 Y 级电容器，每一电容器的额定值均以施加在此电容器组的总工作电压为额定值。每一个电容器应有相同的标称电容值和有效值至少为 2 000 V 历时 1 min 的耐受

电压等级。据此提供在单一故障条件下基本的电击防护；

- 基本绝缘与限流或限压器件的组合。

注1：允许通过满足保护阻抗要求的元件实现双重绝缘或加强绝缘的跨接。

注2：对于前两种情况，可通过采用表D.7～D.10中海拔高度2 000 m的适当的双重绝缘或加强绝缘电压试验，对保护阻抗进行合格验证。海拔高度不同于2 000 m的，试验电压宜按表D.11进行调整。

应按照正常运行及适当的单一故障这两种条件下的要求评价元件、导线及连接。

验证5.1.4的元件及其任一基本绝缘的符合性，应在依照10.5.4.5的单一故障条件评估或试验之后进行。任何相关的基本绝缘均应通过依据附录D和附录E的评估、测量或试验来检验。

5.1.5 与保护导体的联结

5.1.5.1 带电部分和外露可导电部分之间的绝缘

如果在5.1.1中规定的固有的防护方法出现单一故障时,可接近的导电部分可能变为危险带电部分，它们应与保护导体端子联结。或者,这种“可接近”的导电部分应通过联结到保护导体端子的导电防护罩或遮栏与危险带电部分隔离。对于测量和试验设备,允许以间接联结替代直接联结。

未接地的可接近的导电部分，例如设备门或挡板、手柄等，应满足下列其中之一的规定：

- 未接地的可接近的导电部分，如果已通过双重绝缘或加强绝缘与所有危险带电部分隔离,无需与保护接地导体相连；
- 防护等级Ⅰ类设备：未接地的可接近的导电部分和带电部分之间有最低限度的基本绝缘，其前提是此绝缘不得因任何单一故障（包括机械冲击、导线或端子松动等）降低而低于基本绝缘。可以采用机械保持力[6]确保维持单一故障条件下的基本绝缘。

如果对符合性有任何怀疑时，应通过测量对电气间隙进行验证。

5.1.5.2 保护联结

外露可导电部分应与保护导体相连。但当满足下列条件之一时除外：

- 当未接地的可接近的导电部分仅与带有符合5.1.2要求的直接接触防护、且电压不大于特低电压（ELV）限值（见附录A）的电路有关时；
- 当使用了磁芯时,例如变压器、扼流线圈和接触器；
- 未接地的可接近的导电部件尺寸较小,在正常使用下不会有意抓握,被接触的可能性很小,并且至少通过基本绝缘与危险带电部分隔离。

5.1.5.3 连接到保护导体的部件联结

保护联结试验的要求见10.5.3.4。

设备的设计宜确保保护接地联结电路任一表面的油漆或涂覆层不应影响该电路的保护联结阻抗。

5.1.5.4 对腐蚀的防护

保护接地端子和连接的导电接触部分，在与设备一起提供的说明书中指定的任何工作、贮存或运输环境条件下，不应因电化学反应而遭受导致失效的腐蚀。

可通过适当的电镀或涂覆层实现防腐。

验证是否符合5.1.5.4要求的方法是测定不同金属之间的电化学电位差，也可在通常进行的湿热型式试验之后进行检验。

5.1.5.5 保护联结的中断

当借助作为导体或带电体的插头和插座将保护连接于设备的组件时,保护连接不应在带电导体之前断开。重接时，保护导体应在带电连接前重接，或至少和带电导体一起重接。

5.1.6 保护导体联结

具有内部保护联结的设备，应在各个带电导体的端子附近具有能与外部保护导体连接的手段。

IEC原注：

6）具有锁紧垫圈的螺钉或螺母，或是不仅仅以钎焊进行机械紧固的金属线被认为不易松动。

此保护导体端子应抗腐蚀。它至少应能容纳横截面积与具有最大电流（保护元件）等级、可能引起接地故障的设备电路一样大的电缆。

保护导体的连接手段不应被用作设备机械组件的一部分。

5.1.7 高泄漏电流

在正常运行时，如果设备持续出现交流超过3.5 mA或直流超过10 mA的漏电电流，则电源输入应作为永久性连接设备连接(见J.1)，并应在设备文档中规定。

任何电流的测量应采用GB/T 12113—2003中图4的测量电路进行。设备应与地以及连接在保护导体端子与保护导体之间的测量电路绝缘。

5.1.8 固体绝缘

5.1.8.1 总则

固体绝缘的设计应能承受发生的各种应力，特别是正常运行时预期出现的机械的、电的、热的以及气候应力,并应有效阻止设备在其寿命周期的老化。

固体绝缘应被设计为能够承受在运输、贮存、安装和使用期间可能出现的机械振动或冲击。

导线的绝缘应按照固体绝缘考虑。

薄的、易受损的材料，例如油漆或氧化物涂覆层以及阳极涂覆层，被认为不足以满足这些要求。

5.1.8.2 要求

在最高环境温度的正常运行条件下，固体绝缘的最高温度应低于7.10.2中表6所给出的适用等级的温度。

固体绝缘的符合性应通过介质电压及冲击电压耐受试验进行验证，试验等级根据表D.1～D.10和表D.11相关的额定工作电压和过电压类别确定。

注：术语“固体绝缘”是指在两个相对表面之间，而不是沿着一个外表面提供电气绝缘的材料。对它的特性要求的规定为穿过绝缘的实际最小距离，或者沿用本标准中其它的要求和试验代替这个最小距离。因此，任何试验均只验证穿过绝缘的最小距离，而不是跨过绝缘表面的爬电距离。

可通过目测、测量和试验验证与5.1.8的符合性。

5.1.9 电气间隙和爬电距离

电气间隙和爬电距离应由表D.1～D.10中合适的部分确定。

最小爬电距离不应小于空气中的最小电气间隙。这些爬电距离和电气间隙都是最小值，制造公差应额外考虑。

电气间隙和爬电距离的设计示例见附录E。

非均匀电场通常适用于设备。

对于冲击电压波形的功能绝缘,在确定所要求的电气间隙和爬电距离时，应以波形的有效电压作为工作电压计算和使用。短期[7)]的重复峰值电压的幅值不宜超过用于确定最小爬电距离的额定工作电压有效值的175%。

对所要求的电气间隙和爬电距离的符合性存在任何怀疑时,应进行测量。

如果适用，应根据第10章的规定进行电气间隙的例行试验和型式试验或抽样试验以确定5.1.9的符合性。

5.1.9.1 电气间隙

电气间隙是为了耐受无论是由于外部事件（例如雷击或通断的瞬态）或是设备的动作引起而在回路中出现的最大瞬态过电压。电气间隙的确定应参见附录A和附录D。一次电路电气间隙的确定还宜参见表C.1。

任意两个电路之间的电气间隙的设计应符合两者之中的较大者。

IEC 原注：

7）小于波形周期 2%的被定义为短期。

为保证确定的耐受试验电压，位于海拔高度超过2 000 m处的设备的电气间隙应乘以下面给出的系数：

海拔高度 m	电气间隙乘数
2 000	1.00
3 000	1.14
4 000	1.29
5 000	1.48

海拔2 000 m以上的设备的耐受试验电压参见表D.11。若有必要，应考虑采用适当的方法限制设备承受的冲击电压。例如，采用火花放电器或瞬变干扰抑制器等。

5.1.9.1.1　一次电路的电气间隙

有关在空气中一次电路的电气间隙由额定冲击电压确定（见D.1.3）。

一次电路与包括可接近部件和接地部件在内的其它电路(一次或非一次电路)之间的基本绝缘是最低要求。根据绝缘分类的不同(见附录A)，也可能需要额外的绝缘（例如功能绝缘或附加绝缘）。为使着火风险减至最小，有必要正确地设计功能绝缘，例如功能绝缘跨越一次电路。

当电气间隙不符合表D.3～D.10中的相关情况时，可通过合适的海拔高度倍增系数（见表D.11）采用倍增的耐受电压作为试验电压进行验证。当电气间隙小于最小的规定值时，除非冲击电压发生器的特性和冲击电压幅值符合GB/T 14598.18，否则检验产品安全的方法应首选表中给定的交流或直流值，而不是冲击电压的值。

注：　表D.1～D.10中的耐受电压为非均匀电场中的值。在很多情况下，设备的两个部件之间在空气中的电气间隙介于非均匀电场和均匀电场之间。因此，电气间隙可以通过试验得到证明。

对于基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘，不允许对附录D各表中的电气间隙值进行插补。而对于功能绝缘，电气间隙值可以插补。

5.1.9.1.2　非一次电路的电气间隙

非一次电路的电气间隙应耐受电路中出现的最大瞬态过电压。若瞬态过电压不会发生，则电气间隙值基于最高标称工作电压。

对于非一次电路，表D.1～D.12中的电气间隙值允许插补。

5.1.9.2　爬电距离

应假定在本标准范围内的设备长时间连续地承受电压应力，因而需要设计适当的爬电距离。

爬电距离应参考附录A和附录D确定。

爬电距离的设计示例见附录E。

任意两电路之间的爬电距离应符合两者中的较大者。

如果污染等级3级或4级导致了持久的导电性，例如由碳或金属尘埃所致，则不能规定爬电距离的尺寸。而必须使得绝缘表面的设计能够避免出现导电性污染的连续通路(例如依靠高度或深度至少为2 mm的筋或凹槽)。

表D.12指出了可用于降低设备内污染等级的附加防护。如果采用表D.12确定减小了的爬电距离,则宜确保此距离不小于所允许的最小电气间隙。

如果有怀疑，应通过测量验证5.1.9.2爬电距离的符合性，但不能通过电压耐受试验验证。

对于一次和非一次电路，附录D表中的爬电距离值允许插补。

5.1.10　功能接地

如果可接近的导电部件或其它导电部件的功能接地是必需的，采用下列方式：

- 允许功能接地电路连接到保护接地端子或保护连接导体上；
- 功能（或保护）接地电路至少应通过功能绝缘与特低电压（ELV）、保护等电位联结（PEB）、保护特低电压（PELV）和安全特低电压（SELV）电路隔离；

- 功能接地电路应通过下列任一种绝缘方式与装置内的危险电压部分隔离：
  ——双重绝缘或加强绝缘；或
  ——保护接地屏障或其它保护接地导电部件至少通过基本绝缘与危险电压部分隔离。

通过目测检验与5.1.10的符合性。

5.2 单一故障条件

5.2.1 单一故障条件试验

设备不应在单一故障试验后出现电击或着火风险，试验后对于设备的功能不作要求。

有关单一故障条件的概念、评估及试验，参见附录M（资料性附录）。[4]

下列要求适用：

- 为了能发现易导致电击或着火风险的故障状态，应检查设备及其电路图；
- 除非可以证明由于个别的单一故障条件不可能引起危险，否则应进行故障测试；
- 不要求将单一故障条件施加于双重绝缘或加强绝缘；
- 设备应在最不利的组合基准试验条件下运行。

这些条件包括：额定电压和电流最差的误差条件、设备方位最差、正常操作时覆板或其它可动部件可能没安装、外部熔断丝已达规定的最大额定值等情况。

注： 如果一些诸如螺钉、铆钉等小部件是不可接近的，并且至少通过基本绝缘与危险带电电压（HLV）电路隔离，可以不予考虑。

7.10给出了另一个在单一故障条件下着火蔓延防护测试的可选方法，但不适用于电击危险。

5.2.2 单一故障条件的施加

一次只应施加一个故障条件，并且应按照最便利的顺序依次进行。不应同时施加多个故障，不过它们有可能是因同一个单一故障条件的施加而引起的。

单一故障条件施加后，设备或相关部件应满足5.2.4的要求。

单一故障条件的评估应包括以下方面。

5.2.2.1 保护阻抗

下列要求适用：

- 如果保护阻抗由多个元件组成，则每个元件都应按最不利的情况予以短路或断开；
- 如果保护阻抗由基本绝缘和一个限压或限流器件组成，此基本绝缘和限压或限流器件均应施加单一故障条件，一次施加一个。基本绝缘应被短路。限压或限流器件应按最不利的情况予以短路或断开。

高集成元件的保护阻抗部件无需短路或断开。

5.2.2.2 短时或间歇运行的设备或部件

如果在单一故障条件下设备或部件可能会连续运行，应在单一故障条件的试验中让它们连续运行。

单个部件可能包括电动机、继电器、其它磁性器件和加热器。

5.2.2.3 互感器

在正常运行中带有负载的互感器的非一次绕组和多抽头绕组的各部分应依次进行试验，每次做一个，以模拟负载上的短路。所有其它的绕组按最不利的情况或带或不带负载。如果互感器的一次和非一次绕组通过加强或双重绝缘隔离，不应在它们之间进行短路试验。

短路也应施加于任何直接与线圈相连的限流阻抗或过电流保护器件的负载侧。

5.2.2.4 输出

输出应每次逐一短路。

5.2.2.5 电路和部件间的绝缘

采标注：

4 此条是根据我国的实际需要增加的条款。

如果电路和部件之间的功能绝缘可能导致任何材料过热而引发着火风险，应将此功能绝缘短路，除非那种材料的可燃性等级达到或优于GB/T 5169.16中规定的V-1级。

小于规定电气间隙或爬电距离的一次电路中的基本绝缘应桥接，以检验防止着火蔓延。

除非绝缘受到的热损伤可能引发电击危险，附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘无需短路。

5.2.2.6 一次电路和带危险电压的非一次电路

单一故障条件应通过开路或短路元件施加于设备中的一次电路和带危险电压的非一次电路上那些可能引发着火或电击风险的地方。

5.2.2.7 过负荷

单一故障条件应施加于电路或元件因过负荷可能引发着火或电击风险的地方。此类情况包括最不利的负载阻抗连接到传送功率或信号输出的设备端子及连接器上。

允许采用可熔性连接、过流保护器件等提供足够的保护。

如果同一内部电路有多个引出线，则单一故障试验可以仅限于一个引出线。

5.2.2.8 间歇工作电阻器

对于设计为间歇功耗的电阻器，在单一故障条件下的评估中应考虑连续功耗。

5.2.3 试验持续时间

每个测试一般限于2 h，因为在此时间内任何由单一故障条件引发的二次故障通常都会自行表现出来，并且被试设备的温度宜达到稳定状态。如果在2 h结束时，有迹象表明可能最终会发生电击、着火蔓延或人身伤害的风险，试验应继续进行直至这些危险中的某一个危险发生，或者达到4 h的最长时限。

5.2.4 符合性

5.2.4.1 电击防护的符合性要求

为验证设备在单一故障条件下不会出现电击危险，有必要按照10.5.3.2的规定进行电压耐受试验。

在施加单一故障条件后，保护等电位联结电路、保护特低电压电路和安全特低电压电路应保持安全可接触。

按照5.2.4.1.1的规定，单一故障条件下可接近部分不应是危险带电部分。

5.2.4.1.1 单一故障条件下的限值

单一故障条件下的数值超过a)～c)的水平（限值）时被认为是危险带电。仅在电压超过a）中规定数值时，才采用b）和c）的限值。

a) 电压水平为交流有效值55 V或直流140 V；

   用于潮湿场所的设备，电压限值为交流有效值33 V或直流70 V。对于暂态电压，其限值是通过一个50 kΩ电阻测量获得的图I.1中的值；

b) 电流限值见表3；

表3 单一故障条件下的电流限值

安装地点	采用GB/T 12113－2003 的测量电路	正弦波形 有效值 mA	非正弦或混合频 率波形，峰值 mA	直流 mA
干燥	图4	3.5	5	15
潮湿	图3，R_S＝375 Ω（代替1 500 Ω）	3.5	5	15
干燥	图3，R_B＝75 Ω。 关系到30 kHz～500 kHz频率范围内可能的燃烧	500	—	—

c) 电容限值见图I.2。

5.2.4.2 温度防护的符合性要求

见7.2.1。

5.2.4.3 着火蔓延防护的符合性要求

见7.10。

5.2.4.4 危险气体和化学制品的符合性要求

见7.2.2。

5.2.4.5 机械防护的符合性要求

通过目测验证与5.2.4.5的符合性，以确保所有部分不会由于部件的向外爆炸或向内爆裂而脱离设备，也不会由于单一故障条件的施加而导致机械危险。

防爆部件宜借助工具才可移动。如果防爆部件不借助工具就可移动，则应标记符号14，并在说明文件中提供适当的警示。

6 机械要求

6.1 机械危险防护

6.1.1 稳定性

在正常使用中，设备不应出现物理上的不稳定而造成对用户的伤害。

6.1.2 运动部件

在可能接触时，运动部件不应挤压、划伤或刺伤用户身体的任何部位。在正常使用和维护中，也不能严重地夹伤用户的皮肤。这一要求不适用于明显依靠设备外部部件的操作而易触及的运动部件，例如跳闸机构。设备的设计应将无意中接触此类运动部件的可能降至最小（例如装设挡板、手柄等）。

通过目测验证与6.1.2的符合性。

6.1.3 边和角

设备外壳上所有易触及的边沿、凸起、转角、开孔、挡板、手柄之类宜是平滑的、圆润的，以避免在正常使用时造成伤害。

通过目测验证与6.1.3的符合性。

6.2 机械要求

设备宜按照10.5.2.1.1～10.5.2.1.4的规定进行机械试验。

如果要求更高的试验严酷等级，应由制造厂与用户协商一致。

6.3 端子的机械安全

见J.1。

7 可燃性及防火

7.1 总则

本章通过下列措施之一，提供了降低与设备有关的着火风险而达到安全水平的方法和步骤：

• 消除或减少设备内部的引燃源；
• 减少设备中易燃或可燃材料的数量；
• 一旦发生着火，宜将其限制在设备内部。

基本原理：

由于正常的或异常的运行，设备或设备部件可能出现温度过高而导致在设备内部或其周围产生着火风险。

设备内出现着火风险应具备下列所有三个基本要素：

• 设备电路应有足够的功率或能量作为引燃源；
• 应存在氧气（空气中含氧量大约为21%）；
• 应具有维持燃烧过程的易燃材料。

采用本章提供的方法和步骤有下列优点：

• 无需试验即可符合防火要求；
• 减少单一故障条件试验；

• 提供了可以通过目测检验着火防护的设计规范；

• 减少了检验机构之间解释的差异及测试的可变因素。

本章还详细规定了在最高温度限值和限能电路条件下着火蔓延防护的要求。

着火蔓延防护的要求见图1的流程图。

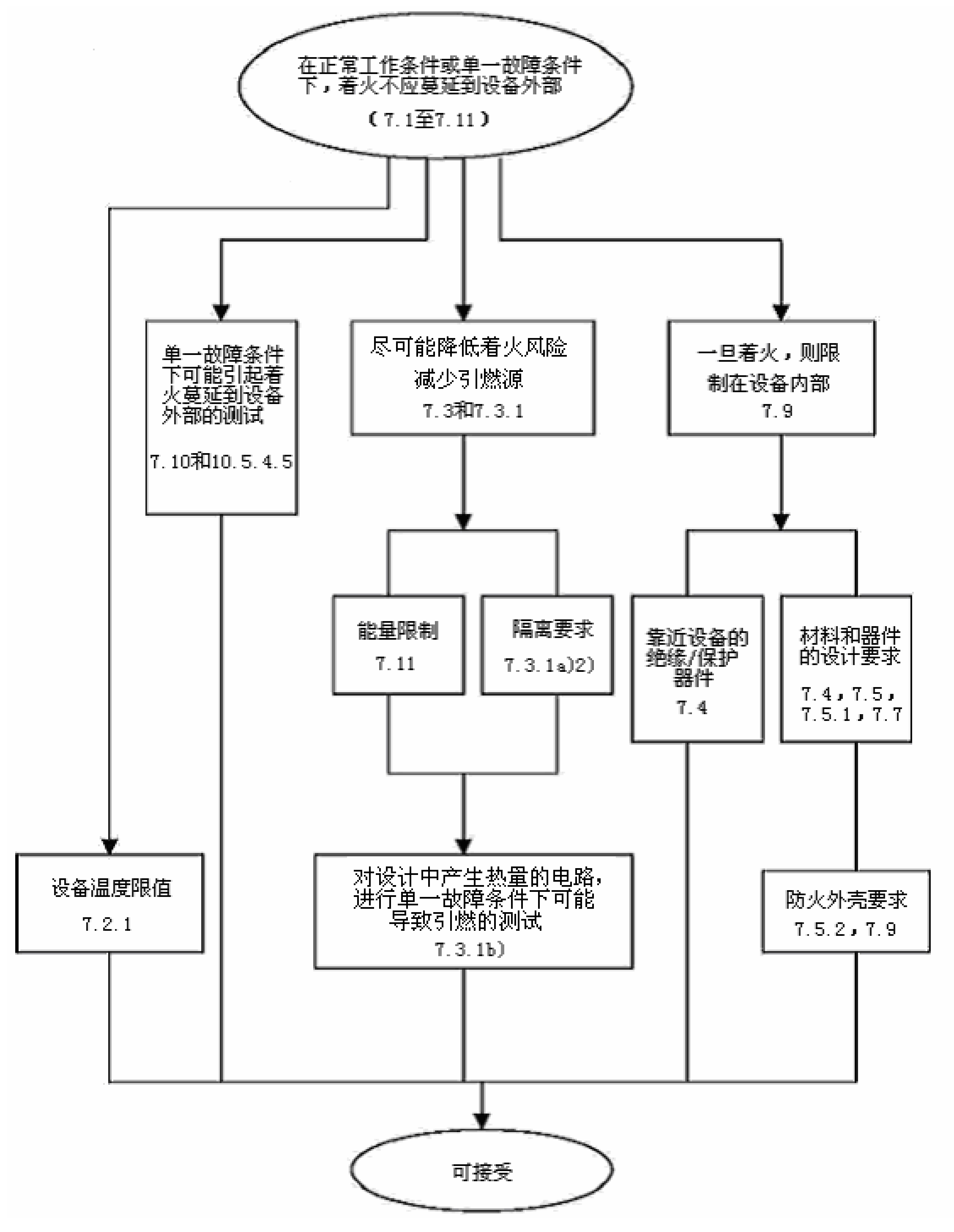


图1　着火蔓延防护要求的流程图

7.2　过热与着火的一般危险

7.2.1　设备温度限值

在正常条件或单一故障条件下，任何加热都不应导致危险，也不应导致设备外的着火蔓延。表4规定了最高环境温度下正常使用时设备最高的可接受温度。

单一故障条件下最高可接受温度见7.10.1。

如果因为功能原因必须有易接触的热表面，则可允许其超过表4中的规定值，但应在外观或功能上可以辨认或贴上标志。表9中的符号13宜用于指示某表面或部件是热的。

宜考虑到这样的事实，基于长期原因某些绝缘材料的电气和机械性能可能会受到不良影响，例如在低于材料正常软化温度时软化剂的蒸发。

所给定材料的相对热指数（RTI）规定了最高连续工作的温度。在此温度下工作7年后，材料的电气和机械性能最多可能降低50%。

表4　环境温度为 40 ℃时正常操作中的最高温度

正常操作时可接近的部件	最高温度（见注1和注2） ℃	
	金属	非金属
仅在短时间内持握或接触的手柄、旋钮、把手等	60	85
正常操作时连续持握的手柄、旋钮、把手等	55	70
可能触及的设备外表面	70	80
可能触及的设备内部部件	70	80

注 1： 对于不大可能触及的、尺寸不大于50 mm的区域，允许其温度达100 ℃。

注 2： 如果不大可能被无意中触及，并且该部件有热警示（例如表9中的符号13或14）标记，允许其温度超过表中给出的环境温度为40 ℃时的限值。

通过对挡板和覆板的测量或目测验证与7.2.1的符合性，检验它们对于温度高于表4各值的表面意外触及的防护。试验时所有挡板和覆板应就位。若挡板和覆板不借助工具就可移动，应采用表9中符号13或14警示。

7.2.2　危险气体、化学品及易燃品

正常运行时，设备不应释放危险数量的有毒或有害性气体。

制造厂提供的文件中应说明设备可能释放出哪些有毒或有害性气体，及其可能的释放量。

通过查看制造厂提供的文件验证其符合性。由于气体种类的广泛性，使规定基于极限值的符合性试验难以做到，因此宜采用职业(有害物)的阈限值表。

7.3　着火风险的最小限度

设备内部以及敷设的电缆和布线的着火风险最小限度应该是主要考虑的问题。应提供与可靠性和运行要求一致的防护。

单一故障条件下，任何损害均应限制在设备内部，见7.10。

选择和使用元件和材料时，应保证因元件失效或可能的短路造成的着火风险可以忽略。

在一次电路和超过特低电压限值的电路中，关键性的安全元件宜符合相关的IEC标准。

应检查设备及其电路图，以确定采用单一故障条件验证着火风险的试验是否必要。

7.3.1　设备内部引燃源的消除或减少

如果每个引燃源符合下列要求，则认为引燃和着火风险的发生降低到了可以容许的水平：

a)满足 1）或 2）

1） 对电路或设备部件有效的电压、电流和功率的限制与 7.11 相同；

按照 7.11 的规定，通过限能值的测量检验其符合性；

2） 不同电位的各部分之间的绝缘满足基本绝缘的要求，或者能证明将此绝缘桥接不会导致引燃；

通过目测验证其符合性，如果有怀疑，施加 7.10 规定的试验；

b) 对于产生热量的电路，在任何可能导致引燃的单一故障条件（见 5.2）下的试验中均未发生引燃。

设备中不属于限能电路（见 7.11）的所有电路均被认为是引燃源，此时应采用下列方法 i)或方法 ii)：

ⅰ）单一故障条件下可能导致设备外部着火蔓延的试验（见 5.2）；

ⅱ）依据 7.10 验证，如果发生着火是否将其限制在设备内部。

采用7.10的评估方法，以5.2中的相关试验检验其符合性。

7.4 电缆敷设及熔断

为了使交流或直流电源和保护导体，或其它由该产品供电的设备发生着火风险和热负荷过载的可能性降至最小，考虑到最不利的单一故障条件，制造厂应做出下列推荐：

- 连接电缆：最小横截面及电压额定值；
- 保护器件：熔断器或断路器的额定参数，宜包括保护器件特性、电压额定值，并且该器件宜靠近设备。

注 1：当出现下列情况时，上述特别重要：

—— 在预期使用时，设备中的某一故障可能引起设备的输出电流超过额定值，由此导致保护导体或由设备供电的其它设备的热负荷过载；

——设备故障后不能自动断开交流或直流电源。

注 2：失效或故障可能是由于设备内部的短路，或外露可导电部分的故障、接地故障，输出电路短路或控制电路失效。

7.5 材料和元件的可燃性

包括可燃性试验的试验概览见表11。

除了7.5.1～7.5.3的规定之外，所有材料和元件应符合下列要求：

- 绝缘导线的可燃性等级不应低于 GB/T 5169.16－2002 中 V-1 级，或符合 7.7.2 的规定；
- 装配了元件的连接器或绝缘材料的可燃性等级不应低于 GB/T 5169.16－2002 中 V-2 级。

通过查看材料的数据，或按GB/T 5169.16中规定的可燃性试验对相关部件的三个试样进行合格性验证（见表11和10.5.4.2）。该试样可以是下列任何一种：

- 完整的部件；
- 部件的某部分，包括具有最小壁厚和任何通风口的区域；
- 符合 GB/T 5169.16－2002 的样品。

当涉及到安全时，元件应满足下列要求之一：

- 符合包含此类要求的相关 IEC 元件标准的可燃性要求；
- 没有相关 IEC 标准的，符合本标准的可燃性要求；
- 如果元件已被某一公认的检验机构认定为符合某一非 IEC 标准的可燃性要求，该要求至少与相关 IEC 标准中规定的要求等同。

7.5.1 防火外壳内部的元件和其它部件的材料

在下列情况下，免除7.5的要求：

- 当依照 5.2 进行试验时，在非正常运行条件下没有出现着火风险的电气元件；
- 在全部由金属材料构成并且没有通风口、体积不大于 0.06 m^3 的设备外壳中的材料和元件，或在一个充有惰性气体的密封单元内的材料和元件；
- 直接用于防火外壳中包括载流器件表面的任何表面的一层或多层薄绝缘材料，例如粘性胶带，前提是薄绝缘材料的组合物及其应用表面的可燃性等级都不应低于 GB/T 5169.16－2002 中 V-2 级；

注： 如果上述薄绝缘材料在防火外壳自身的内表面，则采用7.9对防火外壳结构的要求。

- 安装有诸如集成电路器件、光耦器件、电容器或其它小型器件的电子元件的材料，其可燃性等级不低于 GB/T 5169.16 中的 V-1 级；
- 以 PVC、TFE、PTFE、FEP 或氯丁橡胶或聚酰亚胺绝缘的导线、电缆及连接器；
- 用于线束固定的独立的线夹（不包括螺旋状的或其它连续形式缠绕物）、系带、捆绑绳以及电缆扣。

通过检查设备或材料的数据验证与7.5和7.5.1的符合性。

7.5.2 防火外壳的材料

填充于防火外壳开孔中及预期安装于该开孔的元件所用的材料，应满足：

• 可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-1 级；或
• 通过 GB/T 5169.16－2002 中的可燃性试验；或
• 符合相关 IEC 元件标准的可燃性要求。

注：熔丝架、开关、连接器和器具的插入口等，就是这些元件的实例。

防火外壳的塑料材料应放置在与起弧部件（例如未封闭的开关触点）的空气距离13 mm以外的地方。

防火外壳的塑料材料放置在与非起弧部件空气距离13 mm以内时，如果在任何正常或异常工作条件下，该部件均能达到足以引燃该材料的温度，则该材料应通过IEC 60695-2-20的试验。试样引燃的平均时间不应少于15 s。如果试样熔化而未引燃，出现此状况的时间不认为是引燃时间。

通过检查设备或材料的数据验证与7.5.2符合性，如有必要可进行适当的可燃性试验。

7.5.3 防火外壳外部的元件和其它部件的材料

除非下文另有说明，位于防火外壳外部的元件或其它部件（包括机械外壳、电气外壳和装饰性部件）所用的材料，如果最薄处的有效厚度小于3 mm，其最低的可燃性等级应达到HB75。如果其最薄处的有效厚度不小于3 mm，则可燃性等级应达到HB40，或者其可燃性等级应达到HBF。

注：如果机械的或电气的外壳也作为防火外壳，则采用对防火外壳的要求（见 7.5.2 和 7.9）。

连接器应符合下列要求之一：

• 制造材料的可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-2 级；
• 通过 GB/T 5169.16－2002 的试验；
• 符合相关 IEC 元件标准的可燃性要求；
• 安装材料的可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-1 级，且尺寸较小；
• 安装在由一种电源供电的二次电路中，该电源在设备正常工作条件下和单一故障条件（见 5.2）后，其最大输出被限制在 15 VA 或者符合限能电路的要求（见 7.11）。

元件或其它部件所用的材料达到可燃性等级HB40、HB75或HBF的要求不适用于下列任一情况：

• 当依照 5.2 试验时，在非正常运行条件下没有出现着火风险的电气元件；
• 体积不大于 0.06 m^3 的全部由金属构成并且没有通风口的外壳内的材料和元件，或在一个充有某种惰性气体的密封单元内的材料和元件；
• 符合包括此类要求的相关 IEC 元件标准可燃性要求的元件；
• 诸如集成电路器件、光耦器件、电容器和其它小型器件的电子元件：
  ——安装在可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-1 级材料上；
  ——在正常工作条件下或发生单一故障之后的设备内，并且安装在可燃性等级达到 HB75、最薄处有效厚度小于 3 mm 的材料上，由不大于 15 VA 或者由符合限能电路要求（见 7.11）的电源供电；
  ——最薄处的有效厚度不小于 3 mm 时，安装在可燃性等级达到 HB40 的材料上。

7.6 着火引燃源

归类于一次电路或超过特低电压限值的设备的所有电路（见上文）均应认为是着火的引燃源。此类电路的所有电气元件均认为是可能的着火引燃源。

7.7 采用防火外壳的条件

当故障条件下部件的温度能够足以造成引燃时，要求采用防火外壳。

7.7.1 需要防火外壳的部件

除非被试设备的一次电路和非一次电路都进行了5.2中所有适用的单一故障试验，或者符合7.7.2的要求，否则下列元件或部件均认为具有引燃危险而需要采用防火外壳：

• 一次电路中的元件；
• 由超过 7.11 规定限值的电源供电的非一次电路中的元件；

• 由符合 7.11 规定的限能电路供电的非一次电路中的元件，并且没有安装在可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-1 级材料上；
• 在电源单元内，或在有一个输出符合 7.11 限能电路要求的组件中的元件，这类组件包括符合限能电路源输出判据的过流保护器件、限制阻抗、调节网络和导线（7.7.2 除外）；
• 具有未封闭的起弧部件的元件，例如危险电压或危险能量级的电路中未封闭的开关和继电器触点；
• 除了 7.7.2 之外的绝缘配线。

7.7.2 无需防火外壳的部件

下列部件无需防火外壳：
• 电动机；
• 互感器；
• 符合 7.5 要求的机电元件；
• 填充防火外壳的开孔、符合 7.9 中要求的元件，包括连接器；
• 具有 PVC（聚氯乙烯）、PTFE（聚四氟乙烯）、TFE（四氟乙烯）、FEP(氟化乙丙烯)、氯丁橡胶或聚酰亚胺绝缘的导线和电缆；
• 成为电源线或互连电缆的一部分的插头和连接器；
• 在正常工作条件下和发生单一故障之后的设备中，由最大限值在 15 VA 的电源供电的非一次电路中的连接器；
• 由符合 7.11 规定的限能电路供电的非一次电路中的连接器；
• 非一次电路中的其它元件：
  —— 由符合 7.11 规定的限能电路供电，并且安装材料的可燃性等级不低于 GB/T 5169.16－2002 中的 V-1 级；
  —— 在正常运行状态下和发生单故障之后的设备中，由最大限值为 15 VA 的内部或外部电源供电，并且安装在可燃性等级为 HB75、最薄处的有效厚度小于 3 mm，或可燃性等级为 HB40、最薄处的有效厚度不小于 3 mm 的材料上；
  —— 一次电路和非一次电路都已进行了 5.2 中所有适用的单一故障试验的设备；
• 不超过 1 500 mm^2 的小型部件，例如纸质标签。

通过目测及评估由制造厂提供的数据验证是否符合7.7.1和7.7.2。如果没有提供数据，应通过试验验证。

注： 如果元件在单一故障条件下变得非常热，并且安装位置距离可燃性等级不优于V-2的非金属材料13 mm以内，则可以在此非金属材料的最小厚度处施加GB/T 5169.12中灼热丝可燃性(HWF[5])试验，以确定是否存在着火危险。

7.8 对一次电路和超过 ELV 限值的电路的要求

如果设备的一次电路和超过特低电压限值的电路以及符合7.9中的结构要求的设备外壳，或者变换器等具有符合相关IEC标准的过电流或过热保护，则认为这些电路的着火风险降低到了一个可以容许的等级。

7.9 防火外壳和火焰遮栏

防火外壳应符合下列要求：
• 底部不应有开孔；或者在图3的范围内应具有图2的挡板结构；或者是由金属制成并按表5规定的开孔的挡板；或者是一个以相邻网眼的中心距离不超过2 mm×2 mm、导线直径至少为0.45 mm的金属网；

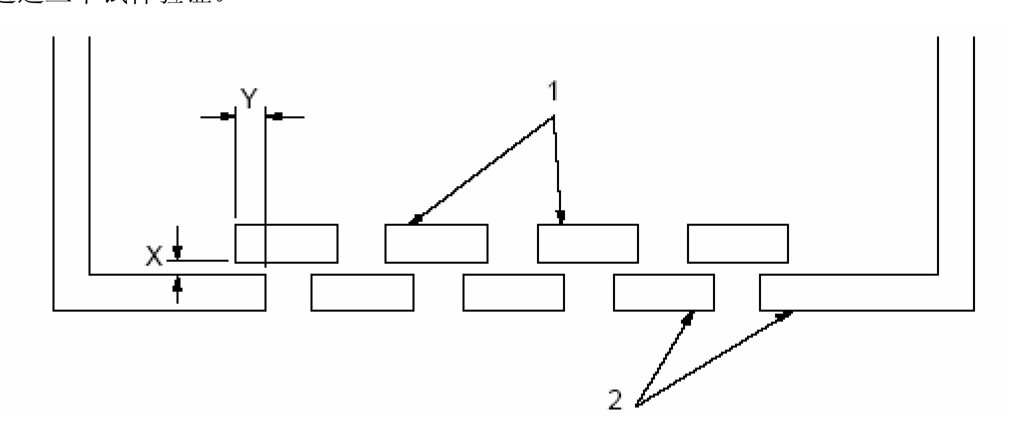
采标注：

5 IEC原文误为HWI。

• 在图3中斜线C以内所包括的区域里的侧面不应有开孔；
• 设备外壳、任何挡板或火焰遮栏应由金属（镁除外）或可燃性等级不低于GB/T 5169.16中V-1级的非金属材料制造；
• 设备外壳、任何挡板或火焰遮栏应具有足够的刚性。

如果火焰遮栏和防火外壳底部最小厚度处的材料的可燃性等级达到或优于GB/T 5169.16－2002中的V-1级，则无需试验即可认为它们是符合要求的。

通过目测验证与7.9的符合性。如果怀疑材料的可燃性等级是否达到或优于V-1级，根据GB/T 5169.16通过三个试样验证。



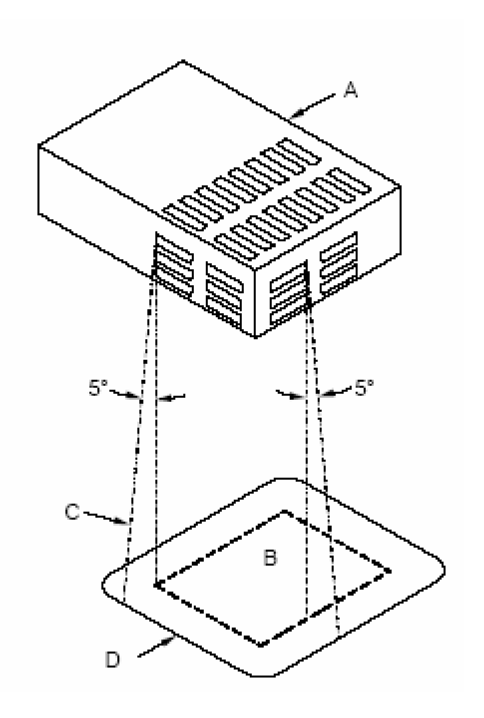
Y=2X，但不小于25 mm

关键部件：

1--挡板（可位于外壳底部的下方）

2--外壳底部

图 2 挡板



A 被认为是着火危险源的设备的部件或元件。它由无其它遮挡的设备的元件或部件的整体，或有外壳部分遮挡的元件的未遮挡部分构成。

B A的轮廓在水平面上的投影。

C 描绘出按照7.9的规定所构成的底部和侧面的最小面积的斜线。该线与沿A的周边上任何一点的垂线呈5°夹角为走向，以描绘出最大面积。

D 按照7.9的规定所构建底部的最小范围

图 3 非易燃火焰遮栏的位置和范围

表5　设备外壳底部可接受的开孔

最小厚度 mm	孔的最大直径 （见注） mm	孔的最小间隔 中心对中心 mm
0.76	1.15	1.70
0.76	1.19	2.36
0.81	1.91	3.18（72 个孔/645 mm^2）
0.89	1.90	3.18
0.91	1.60	2.77
0.91	1.98	3.18
1.00	1.60	2.77
1.00	2.00	3.00
注：　方孔的最大尺寸为对角线。		

7.10　单一故障条件下着火风险评估

注：参见附录M（资料性附录）。

7.10.1　单一故障条件下电路或元件最大可接受温度的指南

在单一故障条件下元件没有适当的过热防护时，元件应安装在可燃性等级达到或优于GB/T 5169.16－2002中的V-1级材料上。另外，这些元件与可燃性等级低于V-1的材料之间，相隔的空气距离至少应为13 mm，或者应通过可燃性等级不低于V-1的材料构成的遮栏隔开。

当电路处于单一故障条件下，表6可用于可燃性等级达到或优于GB/T 5169.16－2002中的V-1级材料。

所规定的温度应为元件或材料的表面或其内部最热点处的温度。

如果由于单一故障条件下元件或电路承受过热而不可能符合上述要求，这些元件或电路宜被有效地遮栏或隔离，以免造成周围材料或元件的过热（见7.9）。或者作为选择，按照正常使用安装的设备可施加7.10.3的符合性试验。

7.10.2　正常运行条件和单一故障条件下绕组的温度

如果温度过高可能导致危险，在正常运行条件或单一故障条件下，绕组绝缘材料的温度不应超过表6中的值。

通过正常运行条件或适用的单一故障条件下的测量，验证与7.10.2的符合性。

表6　绕组的绝缘材料

绝缘等级 （见 IEC 60085）	正常运行状态 ℃	单一故障条件 ℃
等级 A	105	150
等级 B	130	175
等级 E	120	165
等级 F	155	190
等级 H	180	210
注1：如果绕组的温度由热电偶测定，则这些值降低10 ℃，电动机或内置热电偶的绕组除外。 注 2：本条与短时的过负载无关。		

7.10.3　设备着火蔓延防护要求的符合性

见10.5.4.5的单一故障试验。

作为安全型式试验，为了确定设备是否符合7.10.3着火蔓延防护的要求，应把盖有单层粗棉布的设备置于表面覆盖包装棉纸的软木材上。不应有熔融的金属、燃烧的绝缘物、有焰的微粒等掉落在放置设

备的表面上，并且此棉纸或粗棉布也不应炭化、灼热或起焰。根据本标准的要求，绝缘材料的熔化并不重要而应被忽略。

注 1：粗棉布应为大约40 g/m² 的漂白棉布。

注 2：包装棉纸在ISO 4046中定义：一种柔软而结实的轻型包装纸，每平米克重在12 g/m² ～30 g/m²之间，主要用于精致物品的保护性包装和礼品包装。

7.11 限能电路

符合下列所有准则的电路为限能电路：

a) 电路中出现的交流电压有效值不大于 33 V，或直流电压不大于 70 V；

b) 由下列措施之一限制电路中出现的电流：

1) 由固有限制或由阻抗限制最大的可出现的电流，使其不会超过表 7 中相应的值；

2) 由符合表 8 的过电流保护器件限制电流；

3) 由一个可调节的网络限制最大可出现的电流，使其在正常使用条件下或者该可调节的网络发生单一故障之后，不会超过表 7 中相应的值；

c) 至少是由基本绝缘与其它可能导致能量值超出上述 a）和 b）规则的电路隔离。

如果采用过电流保护器件，它应是某种熔断器，或者是不可调节的、非自复位的机电式器件。

在下列条件下，通过目测和测量电路中的电压和最大可出现的电流验证与7.11的符合性：

- 在电压达到最大的负载条件下测量电路中出现的电位；
- 以产生最大电流的电阻负载（包括短路），在运行 60 s 后测量输出电流。

表7 最大可用电流的限值

开路输出电压，U V			最大可用电流 A
交流有效值	直流	峰值（见注）	
≤ 20	≤ 20	≤ 28.3	8
20 < U ≤ 30	20 < U ≤ 30	28.3 < U ≤ 42.4	8
—	30 < U ≤ 60	—	150/U
注： 峰值适用于非正弦的交流和纹波大于10 %的直流。			

表8 过电流保护器件

电路中出现的电压，U V			在不超过 120 s 的时间之内由保护器件切断的电流 （见注 2 和注 3） A
交流有效值	直流	峰值（见注 1）	
≤20	≤ 20	≤ 28.3	10
20 < U ≤ 30	20 < U ≤ 60	28.3 < U ≤ 42.4	200/U
注 1：峰值适用于非正弦交流和纹波大于10 %的直流。 注 2：评估宜基于规定的该保护器件的时间－电流分断特性之上，而不同于额定的分断电流（例如，一个符合GB 9364.1的4 A的T型的保险丝规定用于在120 s切断8.4 A或更小的电流）。 注 3：保险丝的分断电流与温度有关。如果熔断器周围的温度比室内环境温度高出许多，宜考虑温度的影响。			

8 通用和基本的安全设计要求

8.1 安全的气候条件

设备的气候条件表示设备的直接环境条件。

设备的安全不应在制造厂声明的环境范围内受到削弱，这些环境条件包括：

- 运行的和贮存的温度；
- 湿度（无凝露）；

• 大气压力。

8.2 电气连接

电气端子和连接点的设计应使设备在其寿命期间保持预期的可靠性。应对运行中通常遇到的情况留有裕度，例如由于潮湿产生的腐蚀、振动、发热和蠕变等。

应通过试验验证保护联结与8.2的符合性。

导线和电缆应符合IEC标准。

导体及其横截面应完全符合本标准的电气的、机械的和气候的要求。此外，导体的结构及其横截面应与采用的连接方式匹配（例如，无螺钉或钎焊的连接方法应符合IEC 60352-1或GB/T 18290.2标准）。

载流部件宜具有预期使用中必要的力学强度及载流容量。

对于电气连接，除了陶瓷或其它特性更合适的材料之外，不宜通过绝缘材料传递接触压力，除非金属部件有足够的弹性能补偿绝缘材料任何可能的收缩或弯曲。

8.3 元件

本标准范围内的设备所使用的元件，与其安全相关的设计和应用指南见附录H。

8.3.1 高集成度的部件或元件

高集成度的部件或元件应使用于发生短路或断开将导致单一故障条件下违背某一要求的地方（见5.1.4和5.2.2.1）。高集成度的部件和元件的结构、参数和试验结果应达到IEC标准（适用部分）的要求，以确保预期使用的安全和可靠性。对于本标准而言，它们可以被认为是无故障的。

这些要求和试验举例如下：

• 适当的双重绝缘或加强绝缘的介质电压试验；
• 至少两倍功耗（电阻）的设计；
• 保证设备预期寿命内可靠性的气候试验和耐久试验；
• 电阻器的耐受试验，即依据 GB/T 17627.1 的源阻抗为 2 Ω 的冲击电压耐受试验，或者介质电压试验。耐受试验电压应由表 D.9 或 D.10 确定。

在真空、气体或半导体中使用电子传导的单个电子器件，不能认为是高集成度的部件。

通过相关试验验证对8.3的符合性。

8.4 与通信网络的连接

预定与通信网络连接的端口应采用IEC 62151。

8.5 与其它设备的连接

当设备预期连接到其它产品、附件或通信电路/网络时，互连电路应按表A.1的要求选择，以提供连续的性能。

注 1：通常是通过特低电压（ELV）电路连接到ELV电路、安全特低电压(SELV)电路连接到SELV电路、保护特低电压(PELV)电路连接到PELV电路、保护等电位联结(PEB)电路连接到PEB电路以及通信网络电压(TNV)[8]电路连接到TNV电路达到。

注 2：倘若多个电路（SELV电路、TNV电路、ELV电路、危险电压电路等）按照本标准的要求隔离，允许采用一根互连电缆承载。

注 3：危险带电电压（HLV）电路可以连接于具有兼容的电气额定值的其它设备的HLV电路。

通过目测验证与8.5的符合性。

当附加设备是主（第一）设备的特定补充（例如设备独立的控制接口）时，如果设备连接在一起时仍然符合本标准的要求，允许特低电压（ELV）电路作为这些设备之间的互连电路。

8.6 激光源

设备应按照GB 7247.1设计。

如果设备中包含激光或者二级及以上的高强度红外线二极管，则设备应按照9.1.6标记。

IEC 原注：

8） 有关 TNV 电路的定义和信息见 IEC 62151。

8.7 爆炸

有关元件的信息见8.3和附录H，而不在8.7中提及。

8.7.1 有爆炸危险的元件

当不具备释压器件的元件因过热或过载有爆炸倾向时，对用户的防护应在设备中体现，见5.2.4.5。

应设置释压器件以便卸压而不对用户造成危险。其结构应使任何释压器不被阻塞。

8.7.1.1 电池

电池在过载或卸载或极性装反时不应引起爆炸或着火风险。除非制造厂的说明书指明只能使用具有内置保护的电池，否则有必要在设备中配置保护。电池保护电路的例子见附录K。

如果装入错误型号的电池(例如在规定使用内置保护电池的地方)能够导致发生爆炸或着火的危险，应在电池仓或支架上或其附近贴有警示标志（见9.1.10），并在制造厂的说明书中给出警示。可接受的标志是表9符号14（参见说明）。

如果设备有可充电式电池，并且不可充电电池也能够装入和连接在此电池仓内，应在电池仓内或其附近有警示标志（见9.1.8和9.1.10）。

电池仓的设计应做到不能由于可燃性气体的聚积引起爆炸或着火。电池的安装不应因为电解液的泄露而削弱安全性能。

预期由用户更换的电池，即使电池极性装反也不应发生危险。

通过目测验证符合性，包括检查电池的数据，以确保单个元件（除了电池本身）的失效不会导致爆炸或着火风险。必要时，对因其失效能够导致这些危险的任何单个元件（电池本身除外）实施短路和开路试验。

9 标志、文件和包装

9.1 标志

9.1.1 总则

当设备安装在其正常工作位置时，在可能的情况下宜带有符合9.1.2～9.2所包含内容的标志。如果可能，这些标志应从设备外部看到，或者用户对预期可移动的覆板或开口不借助工具打开时能够看到。

如果受空间限制，这些标志在正常工作位置或设备的其它地方难以看到时，应在设备说明书中包含对这些符号的解释（见表9中对这些符号的描述）。

对于机架或屏上的设备，标志符号的位置允许在设备从机架或屏上移开后可见的任何表面上。

适用于整个设备的标志不应标在用户不借助工具就可移开的部件上。

对于优先选用的电压、电流、频率及其偏差值宜查阅GB/T 14047。

第9章列出的标志应认为与安全相关。

在任何情况下，安全标志均应优先于任何功能性标志。

9.1.2 标识

设备至少应标记以下内容：

- 制造厂或供应商的名称或商标；
- 型号或基本类型；
- 如果设备具有同一名称（型号）而产自一个以上的地区，应标记产地。

注： 工厂地址的标记可以采用代码。

以上是在设备上进行标识的最低的强制性要求。

通过目测验证与9.1.1和9.1.2的符合性。

9.1.3 辅助电源、VT、CT、I/O [9)]

IEC原注：

9） I/O是设备输入或输出的缩写，VT是电压互感器的缩写，CT是电流互感器的缩写。

9.1.3.1　标志的一般要求

对于标志宜考虑下列内容：

- 交流——采用表 9 中的符号 2，并给出额定频率或频率范围；
- 直流——采用表 9 中的符号 1；
- 对于交流和直流电源，在设备上采用表 9 中的符号 3；
- 对于三相交流电源，在设备上采用表 9 中的符号 4；
- 应采用连接号“－”分隔标称电压的最低和最高值，例如 125 V－230 V；
- 应采用波浪式连接号“～”分隔被测量电压的最低和最高值，例如 125 V～230 V；[6]
- 可选择的电压或电流标志：
  ——最低和最高的可选值应采用斜线分隔符“/”分隔，例如 125 V/230 V、1 A/5 A；
  ——设备采用自动切换的电压或频率时，应按照表 9 中的符号 15 或标识“自动”（“AUTO”）标志，见表 9 的示例；
  ——如果工作电压是由外部的、单独的器件提供，例如一个附加的串联电阻，则应采用该工作电压符号紧随“＋外部电阻”标记设备，例如“125 V＋外部电阻”。
- 与全部附件或插入式模块连接的负载，其功耗以瓦特（有功功率）或伏安（视在功率）或额定输入电流表示；
  说明文件应详细指明那些带重要负载的独立的数字输入、输出继电器和其它 I/O 端口的负载，以便于用户计算设备在最恶劣情况下使用的负载；
  负载值的测量应施加设备的标称电压而不是工作电压，测量值不应超过标示值的 10%；
- 电源额定电压或电源额定电压的范围：
  如果设备能在多于一个的电压范围内使用，应标上各自不同的电压范围，除非它们的最大和最小值与中间值相差不超过 20%；
  如果用户能够在设备上设置不同的电源额定电压，则设备上应提供电压设置方法的指示。如果不借助工具就能改变电源的交流和直流设置，则改变设置的操作也应改变这一指示。

9.1.3.2　辅助电源

应提供下列信息：

- 在设备上和文件中：
  ——交流和（或）直流电源；
  ——额定值；
- 在文件中：
  ——功耗。

9.1.3.3　被测物理量

应提供下列信息：

- 在设备上和文件中：
  ——标称值，例如电压、电流、频率；
- 在文件中：
  ——功耗；
  ——过负荷耐受值。

9.1.3.4　输入

应提供下列信息：

- 在文件中：

采标注：

6 按照GB/T 15835－1995的规定，在我国不采用半字线“-”和三点“...”。

——交流和(或)直流电源；
——额定值；
——电源输入功耗。

9.1.3.5 输出

应提供以下信息：

• 在文件中：

——输出类型，例如继电器、光耦等；
——电源输入功耗；
——接通（断开）容量；
——切换电压；
——容许的电流的连续值和1 s的短时值；
——动合触点的耐受电压。

通过目测或测量检验与9.1.3.1～9.1.3.5的符合性。

9.1.4 熔断器

在采用可以更换的熔断器时，应邻近熔断器标记其额定值和类型（例如熔断速度的标志）并在用户手册中提供详细资料。如果熔断器焊接在印制板上或印制板上没有足够的空间标记时，那么熔断器的详细资料可以仅提供在用户手册中。

宜采用如下的GB 9364.1中的切断速度代码：

• 高速反应：FF或黑色；
• 快速反应：F或红色；
• 中延迟：M或黄色；
• 延迟：T或蓝色；
• 长延迟：TT或灰色。

不是由用户更换的设备熔断器也应具有上述相同信息，并且应在设备说明书中提供这些信息。

保护熔断器或其它有必要确保设备在单一故障条件下安全的外部保护器件的推荐额定值，应在设备的安装和技术文件中详细说明。

通过目测验证与9.1.4的符合性。

9.1.5 测量电路端子

标志应邻近测量端子。若没有足够空间（例如在多端口设备中），允许在标志牌上标记或采用表9中的符号14对端子标记。

当空间允许时，测量电路的电压和电流端子应标示允许采用的额定最大工作电压或电流。否则，应采用表9中的符号14标记。

如果由于意外接触端子而对用户有直接的电击风险，即端子的接口不符合GB 4208—1993中5.1的IP1X防护等级，则应采用表9中的符号14和（或）12标记。

除非设备清楚地标明它不能连接到超过交流33 V或直流70 V的对地电压上，用户可接近的输入电路的电压和电流端子应标明额定对地电压。

当电路端子以某种方式标识其只作为与另一台设备连接的特定端子，可以不做要求。例如，两个保护装置之间测量电路的互联。

通过目测验证与9.1.5的符合性。

9.1.6 端子和操作器件

出于安全的需要，所有端子、连接器、控制器和指示器都应采用文字、数字或符号指示其用途，并包括操作顺序。如果空间不足，允许采用表9中的符号14。在这种情况下，应在设备文件中提供相关信息。

交流或直流电源输入连接端子应是可识别的。

其它端子和操作器件应按下列方式标记，标志宜靠近端子或在端子上，但最好不宜在无需借助工具就被移开的部件上：

- 功能接地端子采用表 9 中的符号 5；
- 保护导体端子采用表 9 中的符号 6。

如果保护导体端子是某元件（例如接线座）或组件的一部分，而又没有足够的空间，可采用表9中的符号5标记。

标志不宜位于螺钉等易更换的固定件上。由接插器件提供的电源和接地连接不要求在其旁边标记接地连接。

设计为可接近的、电压波动不至于造成危险带电的电路端子，允许连接到公共的功能接地端子或系统（例如同轴屏蔽系统）。如果该连接本身不明显，应采用表9中的符号7标记。

如果设备中包含激光、或二级及以上的高强度红外线二极管，并且在正常使用或维护状态下能够观察到它们的输出，则设备应按照GB 7247.1标记。

通过目测验证与9.1.6的符合性。

9.1.7 双重绝缘或加强绝缘防护的设备

双重绝缘或加强绝缘防护的设备应采用表9中的符号11标记，但提供保护导体端子的设备或在正常运行中能够形成功能地连接（例如通过电缆屏蔽）的设备除外。

仅仅局部受到双重绝缘或加强绝缘防护的设备不应采用表9中的符号11标记。

注： 如果只有在维护时才接近，过电压类别Ⅱ[7]设备的端子区域的基本绝缘是可接受的。

通过目测验证与9.1.7的符合性。

9.1.8 电池

9.1.8.1 可更换电池

若设备中有可更换电池，并且更换错误类型的电池能够引起爆炸（例如某种锂电池），则：

- 如果用户能够靠近电池，则应在电池近旁作标记或在操作说明和维修说明中均有声明；
- 如果电池在设备中的其它地方，则要求有标志，此标志应在电池近旁或者包含在维修说明的声明中。

标志或声明应类似如下所示：



设备的空间有限时，允许采用表9中的符号14。

除非电池极性不可能装反，在设备上应标出电池的极性。

9.1.8.2 充电

具有内部电池重复充电设施的设备，如果不可充电电池也可能装入并连接在电池仓内，在该电池仓内或其附近应有警示标志，以防止对不可充电电池充电。该警示还应标明应该接入充电电路的可充电电池的型号。

当空间不允许时，该信息应在设备说明书中提供。在此情况下，采用表9中的符号14在电池附近标记作为首选。

通过目测验证与9.1.8.1和 9.1.8.2的符合性。

采标注：

7 IEC原文误为Ⅱ类绝缘设备。

表9 符号

序 号	符 号	出 版 物	说明
1		IEC 60417, No.5031	直流
2		IEC 60417, No.5032	交流
3		IEC 60417, No.5033	直流和交流两用
4	3	IEC 60417-2, No.02-02-06	三相交流
5		IEC 60417, No.5017	接地端子
6		IEC 60417, No.5019	保护导体端子
7		IEC 60417, No.5020	机架或机箱端子
8		IEC 60417, No.5021	等电位
9A		IEC 60417, No.5007	通（电源）
9B		IEC 60417, No.5008	开（电源）
10		IEC 60417, No.5010	通/断（电源）
11		IEC 60417, No.5172	全部由双重绝缘或加强绝缘防护的设备（相当于 GB/T 17045—2006 中的II类设备）
12		IEC 60417, No.5036	小心：电击危险
13		IEC 60417, No.5041	小心烫伤

表 9（续）

序 号	符 号	出 版 物	描 述
14		ISO 7000-0434	小心：查阅随机文件
15		ISO 7000-017	230/110 V 自动 或 230/110 V
注 1：警示符号的尺寸宜查阅GB/T 5465.2 。 注 2：如果设备上标记的模制或雕刻的符号高度或深度达到0.5 mm，或符号和外框与背景在颜色上有反差，则颜色要求不适用于符号12、13和14。			

9.1.9　试验电压标志

如果制造厂选择在设备上标记试验电压，应采用表10中指定的符号标记。

表10　试验电压标志符号

介质试验电压	符号
试验电压 500 V	
试验电压高于 500 V （例如 2 kV）	2
冲击试验电压	符号
试验电压 1 kV	1
试验电压 5 kV	5

9.1.10　警示标志

通常，用于安装在机架或屏上的设备，允许在设备从机架或屏上移开后可见的任何表面上标记。

这一方法也适用于没有足够空间的架装或屏装设备的背板上的警示标志。在此情况下，应采用表9中的符号14和（或）符号12的标志并尽可能靠近背板。

如果在正常操作中接近设备有电击危险的地方，应采用表9中的符号12作警示标志，并且此标志应从前面板可见，或者在不借助工具移开覆板或打开门或挡板后可见。

如果用户需要查阅设备文件或说明资料，设备应以表9中的符号14标记。

如果设备文件中规定，允许用户在正常操作中使用工具接近可能危险带电的任一部件，设备上应带有警示说明，陈述在接近设备之前应将其与危险带电电压隔离或断开。

警示标志的大小应符合下列要求：

- 符号的高度至少应为 2.75 mm，文字的高度至少应为 1.5 mm，并且与背景颜色形成反差；
- 模制、铭刻或雕刻在材料上的符号或文字的高度至少应为 2.0 mm。如果没有颜色反差，它们的深度或凸起高度至少应达到 0.5 mm。

注 1：对电池的要求见9.1.8。

注 2：除非是手持式设备或者空间受限，标志不宜位于设备底部。

通过目测验证与9.1.9和9.1.10的符合性。

9.1.11 标志的耐久性

在正常运行状态下，所有的标志应保持清晰易识别，并应能承受制造厂指定的清洗剂的影响。此外，还不应受自然光和人造光的影响。

应采用永久性粘合剂以保证粘贴标签的可靠。

在符合性试验后，标签不应松动或卷角卷边。

应以目检并用手施加不过分的力擦拭验证其符合性：

- 用制造厂指定清洗剂浸渍的布擦拭 15 s；
- 如果没有指定清洗剂，则用水代替。

9.2 文件

9.2.1 总则

设备文件应清楚地指明设备及其制造厂或代理商的名称和地址。安全信息应与设备一并交付。

根据要求，制造厂应提供包含设备技术说明书、调试和使用说明的文件。在相关处，文件应包括设备及其任何可更换部件的校准、维修和其后的安全处置与退役。

根据要求，制造厂应提供设备型式试验和例行试验的相关文件。

如果适用，设备文件中应包含警示声明和对设备上标记的警示符号的清楚解释。特别是在采用了表9中的符号14时，应当给出一段声明，说明应查阅此文件，以便弄清任一潜在危险的性质以及需要采取的任何消除或减小该危险的措施。

文件应包含以下内容：

- 用户在进行其它任何操作之前，应有责任保证任一保护导体连接的完整性的声明；
- 用户在调试或维护之前，应有责任核实设备的额定参数、操作说明和安装说明的声明；
- 9.2.2～9.2.5 中规定的信息；
- 设备的预期使用。

9.2.2 设备额定值

设备文件应包含以下内容：

- 设备预期的安装类别（过电压类别），这与设备承受瞬态过电压的能力有关；
- 设备的电源电压或电压范围、额定频率或频率范围以及功率或电流的额定值；
- 标称工作值的允许波动幅度也宜说明，例如工作电压的最大值和最小值；
- 所有输入输出连接的描述。

9.2.2.1 熔断器和外部保护器件

任何内部熔断器的类型、额定电流和额定电压都应按照9.1.4的要求说明，包括由用户更换的可接近或不可接近的熔断器。

推荐的熔断器类型或其它保护方式应考虑通断容量和切断速度。

在产品文件中应给出设备安全操作需要的所有外部熔断器或保护器件的类型、额定电流和额定电压。

如果有外部开关、断路器或其它保护器件就近连接到设备的建议，应对此作出说明。

9.2.2.2 环境要求

设备文件应规定以下内容：

- 当设备安装于正常使用的位置时，设备前面的 IP 等级；
- 设备的污染等级，例如安装于正常使用位置时的污染等级为 2。
- 设备的过电压类别，例如安装于正常使用位置时过电压类别为 I。[8]

通过目测验证与9.2.1～9.2.2.2的符合性。

9.2.3 设备的安装

为便于安装，设备文件中应适当包含：

- 与设备的安全安装有关的说明，包括任何特定的场所和组装要求；
- 与设备的保护接地有关的说明，包括推荐采用的导线尺寸和指明设备激励时保护连接不宜断开的声明；
- 应说明任何特殊的通风要求，这与设备的散热有关；
- 制造厂还应指出在最高环境温度下，可同时被激励的数字信号输入电路或输出继电器的个数或百分比；
- 正确安装设备所必需的导线型号、尺寸和额定参数；
- 与 9.2.2.1 一样，设备安全运行要求和所需任何外部器件规格的相关说明。

通过目测验证与9.2.3的符合性。

9.2.4 设备调试和维护

提供给用户的涉及预防性维护和检查的设备说明书应足够详细，以确保这些步骤的安全性。如果适用，说明书应包括与设备安全接地和断开激励有关的建议。

如果适用，还应包括以下内容：

- 适用于用户的包括与操作和维护有关的故障测定和维修的说明；
- 制造厂应列出只能由制造厂或其代理商检查或提供的所有部件的清单；
- 制造厂应规定更换和处置以下部件的安全方法：
  ——用户可接近的任何熔断器，包括如同 9.1.4 中规定类型和额定值的熔断器；
  ——任何可更换的电池，例如锂电池和（或）适用的替代品；
  ——可充电电池的安全充电方法和（或）可更换电池的合适的替代品的建议；
  ——应警示用户，不宜直视安装的光纤通信输出器件。

通过目测验证与 9.2.4 的符合性。

9.2.5 设备的操作

设备的操作说明书应包括以下内容：

- 在 CT 电路上工作之前应先将它们短路；
- 应说明，为了达到设备的预期功能，用户有责任确保设备按照制造厂规定的方法安装、操作和使用，否则可能削弱设备所提供的任何安全防护；
- 对设备上按照 9.1 可能采用的图形符号的解释。

9.3 包装

9.3.1 总则

本标准的范围不包括设备从制造厂到用户的运输。但制造厂应有责任确保所实施的运输方式对设备、运输方和用户都是安全的。

对设备被运输到用户所在地期间可能经受的任何振动与碰撞不可能完全量化。

因此，制造厂应确保对设备的适当包装，使其能够耐受适于运输方式的合理的搬运和环境条件，送达用户的交货地址而没有损坏。

用户宜以目测检查设备在运输过程中是否损坏。

9.3.2 包装的标志

如果适用，设备的包装应作如下标记：

电气设备，易碎，小心轻放。

- 制造厂的名称和（或）商标；

采标注：

8 IEC原文把“过电压类别”误为“绝缘分类”。

• 设备型号；
• 如果适用，包含有多个部分的设备的包装宜标记全部的“多个包装”的总重（采用公制单位），以有助于运输。

9.3.2.1 适当情况下的附加警示标签

下面是GB/T 191—2000中表1所示的典型例子。

如果认为该表中其它的符号适合于设备的安全搬运和交付以及所使用的运输条件，可以在包装上使用。

• “易碎”警示，可用被认可的语言、依据GB/T 191—2000表1中的图示符号1或两者兼用书写；
• “向上”，依据GB/T 191—2000表1中的符号3[9]的方向指示；
• “怕雨”，依据GB/T 191—2000表1中的符号6；
• “由此起吊”，依据GB/T 191—2000表1中的符号16；
• “重心”，依据GB/T 191—2000表1中的符号7。

10 型式试验和例行试验

本章规定的试验是为了验证设备完全符合本标准中规定的安全要求以及制造厂的要求。

表11 检验项目一览表

试 验	标准条款	型式试验[b]		例行试验[c]
		确认[a]（资料性）	安全（规范性）	
环境试验				
高温试验－运行的	10.5.1.1	√	—	—
低温试验－运行的	10.5.1.2	√	—	—
最高贮存温度下的高温试验	10.5.1.3	√	—	—
最低贮存温度下的低温试验	10.5.1.4	√	—	—
湿热试验	10.5.1.5	√	—	—
交变湿热试验（与湿热试验二者选一）	10.5.1.6	√	—	—
振动	10.5.2.1.1	√	—	—
冲击	10.5.2.1.2	√	—	—
碰撞	10.5.2.1.3	√	—	—
地震	10.5.2.1.4	√	—	—
安全试验				
电气间隙和爬电距离	10.5.2.2	—	√	—
IP等级	10.5.2.3	—	√	—
冲击电压	10.5.3.1	—	√	—
交流或直流介质电压	10.5.3.2	—	√	√
绝缘电阻	10.5.3.3	√	—	—
保护联结阻抗	10.5.3.4.1	—	√	—
保护联结的连续性	10.5.3.4.2	—	--	√

采标注：

9 IEC 原文误为ISO 780:1997表1的符号2。

表 11（续）

试　验	参　考	型式试验[b]		例行试验[c]
		确认[a]（资料性）	安全（规范性）	
绝缘材料、元件和防火外壳的可燃性[d]	10.5.4.2	—	✓[d]	—
单一故障条件	10.5.4.5	—	✓	—
电气环境试验				
部件和材料的最高温度	10.5.4.1	✓	—	—
短时耐热	10.5.4.3	✓	—	—
输出继电器，接通和承载	10.5.4.4	✓	—	—

[a] 确认试验通常在产品研发阶段作为型式试验进行，但他们可能会对产品的安全有影响。确认试验之后，宜对被试设备是否符合安全要求进行检查，例如由于绝缘部件的破裂或变形。

[b] 是否符合型式试验的要求可以通过适当的试验、测量、目测或评估来检查。例如，电气间隙和爬电距离的测量（或者在间距明显很大时进行目测）；或技术论证，例如对结论可知的单一故障条件的评估。为验证是否符合要求，在正常施加的型式试验中或试验后不应有电击或着火风险。

[c] 抽样试验见 10.5.3.2.1.3。

[d] 当材料不能满足第 7 章规定的最低可燃性等级，或材料厚度低于规定的最低可燃性等级要求的最小厚度值时，可能需要对塑料部件进行试验。

✓：　适用

—：　不适用

除非能够证明某个特殊的单一故障条件不可能引起危险，否则都应进行单一故障试验，见5.2。

10.1　安全型式试验

安全型式试验是规范性的，以验证设备符合本标准的安全要求。除非另有规定，安全型式试验可按任一合理顺序进行。安全型式试验可对一台试制样机或同一型号的不同样机进行。

除非另外达成协议，安全型式试验应在没有进行过令人满意的安全型式试验的所有设备上，或者在可能影响设备性能的改进项目上进行。

当设备的某一细微部分改变时，由此改动而受到影响的那些特定的安全型式试验项目应重复进行。

安全型式试验可由制造厂或独立的试验机构进行。当用户要求时，制造厂应向其提供获取令人满意的试验结果的证明文件的途径。

10.2　例行试验或抽样试验

例行试验或抽样试验[10)]是规范性的，用以确认设备是否保持了电击防护的设计特性。除非另有规定，这些试验可按任一顺序进行。

10.3　试验条件

例行试验应在GB/T 14047规定的通用试验条件下进行。

所施加的每项试验的下列数据应达到制造厂的要求：

- 连接电缆的横截面积和长度，如果这些可能影响型式试验的结果，例如温度升高；
- 对于振动试验，包括导线支架位置在内的电缆端子和支架的详细资料；
- 所有测量项目的测量精度和允许误差。

如果适用，测量数据还应包括：

- 初始测量的数据；
- 单独试验中测量的数据；

IEC 原注：

10）有关例行试验的细节见 10.5.3.2.1.2，抽样试验必需的要求见 10.5.3.2.1.3。

• 最终测量的数据。

10.4　确认程序

确认程序应保证设备符合其规范，而且设备的功能在试验程序开始时的初始测量期间正常，设计特性在所有规定的全部后续的单独试验中均保持不变。

初始测量、单独试验中的测量、最终测量：

例外的情况是在单一故障条件试验之后，只需要确认的是该设备未引起火灾或电击危险。

在某一试验程序中，如果前期试验的最终测量与随后的单独试验的初始测量一致，就没有必要将这些测量做两次，即一次就足够了。

上述测量包含目测和简化的性能试验。

10.5　试验

10.5.1　气候环境试验

10.5.1.1　高温试验－运行的

高温运行试验应根据表12的规定进行，以证明设备在运行时对高温的承受能力。

表12　高温试验－运行的

项目	试验条件
试验标准	GB/T 2423.2 试验 Bd
预处理	依照制造厂说明书
初始测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
条件	在制造厂规定的额定负载/额定电流下运行[a]
运行温度	按照制造厂规定的最高运行温度，温度值宜从 GB/T 2423.2－2001 中 37.1 选择。 在 5 min 时间内，温度的最大变化率为 1 ℃/min
精确度	±2 ℃（见 GB/T 2423.2－2001 中 37.1）
湿度	依照 GB/T 2423.2－2001 中 36.1.5，试验 Bd
暴露时间	至少 16 h
测量和/或负荷	在额定负荷/电流下功能正常
恢复过程 ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.2－2001 第 42 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准条件 电源断开
最终测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
[a] 制造厂宜声明试验过程中被激励的数字输入电路和输出继电器的数目，以及承载的最大额定电流。	

10.5.1.2　低温试验－运行的

低温运行试验应根据表13进行，以证明设备在运行时对低温的承受能力。

表13　低温试验－运行的

项目	试验条件
试验标准	GB/T 2423.1 试验 Ad
预处理	依照制造厂说明书
初始测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
条件	在制造厂规定的额定负载/额定电流下运行[a]
运行温度	按照制造厂规定的最低运行温度，温度值宜从 GB/T 2423.1—2001 中 26.1 选择。 在 5 min 时间内，温度的最大变化率为 1 ℃/min
精确度	±3 ℃（见 GB/T 2423.1－2001 中 26.1）
湿度	不适用

表 13（续）

项目	试验条件
暴露时间	至少 16 h
测量和/或负荷	在额定负荷/电流下功能正常
恢复过程： ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.1—2001 第 31 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准条件 电源断开
最终测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
[a] 制造厂宜声明试验过程中被激励的数字输入电路和输出继电器的数目，以及承载的最大额定电流。	

10.5.1.3　最高贮存温度下的高温试验

高温贮存试验应根据表14进行，以证明设备在贮存时对高温的承受能力。

表14　高温试验－贮存温度

项目	试验条件
试验标准	GB/T 2423.2 试验 Bb
预处理	依照制造厂说明书
初始测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
条件	不激励
贮存温度	按照制造厂规定的最高贮存温度，温度值宜从 GB/T 2423.2—2001 的 15.1 选择。 在 5 min 时间内，温度的最大变化率为 1 ℃/min
精确度	±2 ℃（见 GB/T 2423.2—2001 的 15.1）
湿度	依照 GB/T 2423.2—2001 的 14.3，试验 Bb
暴露时间	至少 16 h
测量和/或负荷	不适用
恢复过程： ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.2—2001 第 20 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准条件 电源断开
最终测量	依照 10.4 和 10.5.3.2

10.5.1.4　最低贮存温度下的低温试验

低温贮存试验应根据表15进行，以证明设备在贮存时对低温的承受能力。

表15　低温试验－贮存温度

项目	试验条件
试验标准	GB/T 2423.1 试验 Ab
预处理	依照制造厂说明书
初始测量	依照 10.4 和 10.5.3.2
条件	不激励
贮存温度	按照制造厂规定的最低贮存温度，温度值宜从 GB/T 2423.1—2001 的 15.1 选择。 在 5 min 时间内，温度的最大变化率为 1 ℃/min
精确度	±3 ℃（见 GB/T 2423.1—2001 的 15.1）
湿度	不适用
暴露时间	至少 16 h
测量和/或负荷	不适用

表 15 （续）

项目	试验条件
恢复过程 ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.1—2001 第 20 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准条件 电源断开
最终测量	依照 10.4 和 10.5.3.2

10.5.1.5 湿热试验

为证明设备对潮湿的承受能力，应按表16进行湿热试验。

交变湿热试验可以作为一种替代试验，详见表17。

表16 湿热试验

项目	试验条件
试验标准	GB/T 2423.3 试验 Cab
预处理	依照制造厂说明书
初始测量	依照 10.4
条件	试验期间设备应连续激励并保持在工作状态或依照制造厂的另行规定，将影响量设定为它的基准条件
温度	制造厂宣布的温度（温度值宜从 GB/T 2423.3 中选择，偏差±2 ℃）
湿度	(93±3)%
暴露时间	至少 10 天
测量和/或负荷	见本表“条件”一栏
恢复过程 ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.3—2006 的第 9 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准试验条件 设备不激励
最终测量	依照 10.4
注 1：在设备与电源重新连接前，宜用气流将所有内部和外部的冷凝物去除。 注 2：当确定采用湿热试验时，宜参见GB/T 2424.2导则。 注 3：制造厂宜声明在整个试验过程中被激励的数字输入电路和输出器件的数目。	

如果组成设备的各组件、元件和部件均以可以比较的试验组合通过了这一试验，则也认为满足了试验要求。如有必要，只需对那些没有做过试验的组件进行试验就足够了。

10.5.1.6 交变湿热试验

表17 交变湿热试验

项目	试验条件
试验标准	24 h 周期（12 h +12 h）的 6 次循环
预处理	1 在温度 25 ℃±3 ℃、相对湿度 60 %±10 %的试验箱中达到稳态； 2 稳定后，在 1 h 之内应将相对湿度增至 95 %或更高，同时保持在该同一温度
初始测量	依照 10.4
条件	试验期间设备应连续激励并保持在工作状态，将影响量设定为它的基准条件
温度	低温周期：25 ℃±3 ℃； 高温周期：规定用于户内的设备，40 ℃±2 ℃； 规定用于户外的设备：55 ℃±2 ℃； 试验周期，包括依照 GB/T 2423.4—1993 图 2b 的渐升和渐降。

表 17（续）

项目	试验条件
湿度	在较低温度时 $97\%^{+3\%}_{-2\%}$； 在较高温度时 93 %±3 %； 试验循环，包括依照 GB/T 2423.4—1993 图 2b 的渐升和渐降。
暴露时间	24 h（12 h + 12 h）循环，6 次
测量和/或负荷	见上述条件
恢复过程 ——时间 ——气候条件 ——电源	（见 GB/T 2423.4—1993 第 8 章） 至少 1 h 但不超过 2 h，所有试验在这一时间结束前完成 GB/T 14047 的标准基准试验条件 电源断开
最终测量	依照 10.4
注： 制造厂宜声明在试验过程中被激励的数字输入电路和出口继电器的数目，以及承载的最大额定电流。	

10.5.2 机械试验

10.5.2.1 机械试验

10.5.2.1.1 振动

GB/T 11287，响应（激励），耐久（不激励）。

10.5.2.1.2 冲击

GB/T 14537，响应（激励），耐久（不激励）。

10.5.2.1.3 碰撞

GB/T 14537（不激励）。

10.5.2.1.4 地震

IEC 60255-21-3（激励）。

符合性：在正常适用的型式试验过程中或试验之后应没有电击或着火风险，以此证明是否符合10.5.2.1.1～10.5.2.1.4的要求。

10.5.2.2 电气间隙和爬电距离

当对所要求的电气间隙和爬电距离是否符合附录D适当的表格中数值有任何怀疑时，应进行测量。不满足最小电气间隙值时，可通过试验验证电气间隙（见5.1.9.1.1）。验证空气中电气间隙的试验不能用于证明相关的爬电距离的符合性。

在采用瞬态抑制器件以降低过电压时，应对该电路进行试验以显示其对施加源阻抗为2 Ω的10次正的和10次负的脉冲的耐受能力。应采用依据GB/T 14598.18的浪涌试验发生器特性以及差模和（或）共模输入源的脉冲电压幅值。

10.5.2.3 IP 等级试验

本试验是为了验证在正常操作时，设备的外壳、遮栏或安装板能否防止接近危险带电部分。

本试验应作为设备的型式试验进行，以验证危险带电部分不能被附录F的标准铰接式试验指接近。同时，在正常操作时试验指的电压和能量不应超过5.1.1.2.1中的安全限值。

除非另有协议，应进行试验以确认在正常操作时设备外壳满足制造厂声明的IP等级。该试验应符合 GB 4208中设备外壳等级的那些规定。

10.5.3 与安全相关的电气试验

本条中电压试验的目的是验证电气间隙和固体绝缘。

试验电压电平应为发生器连接到设备之前的开路电压。

10.5.3.1 冲击电压试验

冲击电压型式试验施加的电压波形为1.2/50 μs（见GB/T 17627.1—1998中图1），用以模拟来源于大气的过电压，它也包括由低压设备的通断引起的过电压。

10.5.3.1.1 试验程序

冲击电压试验应符合下列要求：

冲击电压应施加到从设备外部可接近的合适的点上,其它电路和外露的可导电部分应连接在一起并接地。

电气间隙的验证试验应在每一极性至少施加三次冲击，且冲击间隔至少为1 s。

同样的试验程序也适用于对固体绝缘能力的验证。然而在此种情况下每个极性应施加5次冲击，并应记录每次冲击的波形。

用于电气间隙和固体绝缘的这两个试验可以合并为一个通用的试验程序。

10.5.3.1.2 波形和发生器特性

应采用符合GB/T 17627.1－1998的标准冲击电压（更多的信息见附录G）。发生器特性应依据GB/T 17627.2－1998校准。

发生器的参数为：

- 波前时间：1.2（1±30%）μs；
- 半峰值时间：50（1±20%）μs；
- 输出阻抗：500（1±10%）Ω；
- 输出能量：0.5（1±10%）J。

每根试验导线的长度不应超过2 m。

10.5.3.1.3 冲击试验电压的选择

可采用的额定冲击试验电压应从下列标称峰值之一选择：0 kV、1 kV、5 kV。

当特定的设备电路规定为零值的额定冲击试验时，这些电路应免除冲击电压试验。

规定的5 kV峰值冲击试验适用于海拔高度至2 000[10] m。当海拔高度超过2 000 m时，应采用表D.11降低试验电压。

推荐的冲击试验发生器电路在图G.1中给出。

试验电压允差为 $^{0\%}_{-10\%}$ 。

当试验在设备的两个独立电路之间进行时，应采用这两个额定冲击电压中的较高值。

10.5.3.1.3.1 在 5 kV 标称峰值下的被试设备

根据第3章，分类为一次电路的设备电路，按10.5.3.1.3规定的5 kV标称峰值进行试验。

10.5.3.1.3.2 在 1 kV 标称峰值下的被试设备

若符合下列情况，设备电路可按10.5.3.1.3规定的1 kV额定峰值进行试验：

- 辅助（电源）电路与本标准所适用的设备电源的专用电池相连接。此电池不应用于开关感性负载；
- 设备不通过电流互感器或电压互感器激励；
- 需要试验的 I/O 电路不承受峰值超过 1 kV 的感性或感应的负载瞬变。

10.5.3.1.4 试验的实施

无论被试设备是否配置浪涌抑制，冲击电压型式试验均适用。

除非另有规定，冲击电压试验应在下列部位进行：

- 在规定采用同一冲击电压的每个电路（或每组电路）与外露可导电部分之间，对该电路（或该组电路）施加规定的冲击电压；

采标注：

10 IEC 原文误为200 m。

• 独立的电路之间进行，每个独立电路的端子连接在一起；

• 给定电路的端子之间进行，以验证制造厂承诺的要求。

试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

除非很明显，独立电路是由制造厂描述的那些电路。

对于具有绝缘外壳的设备，外露可导电部件应由一个金属箔代表。此金属箔覆盖除端子之外的整个设备外壳，各端子四周应留出合适的间隙以避免对端子发生闪络。除非另有规定，两个独立电路之间的试验，应以这两个电路所规定的较高的冲击电压施加。

如果并非由于电气击穿引起，施加到与浪涌抑制、感性器件或分压器件连接的各测试点上的冲击电压波形允许衰减或畸变。除非绝缘不能耐受冲击电压试验，施加到没有和这些器件连接的测试点上的波形将不显著衰减或畸变。

10.5.3.1.5 试验验收准则

试验期间不应出现破坏性放电（火花、闪络或击穿）。未造成击穿的电气间隙的局部放电可被忽略。此项型式试验后，设备应满足所有相关的性能要求。

10.5.3.1.6 冲击电压试验的重复

如有必要，对于新的设备可重复进行冲击电压试验以验证其性能。该试验电压值应等于原来规定值的0.75倍，或由制造厂指明。

10.5.3.2 交流或直流介质电压试验

表18列出了适用于安全的介质电压例行和抽样试验的指南，试验的抽样方案见10.5.3.2.1.3。

表18 针对安全的介质电压例行和抽样试验指南（资料性表格）

风险	可能性	例行试验		抽样试验
		组装板或模件	组装的设备	组装的设备
制造或设计相关问题的典型原因： • PCB电路（焊盘）的桥接； • 元件引线既没有剪到规定的长度也没有弯曲到正确的方向； • 元件绝缘失效； • PCB上低劣的阻焊或图形涂敷； • 操作	中	√ 见注1和注3	√ 见注1和注3	—
组装问题－导致电气间隙降低的典型错误，例如： • 导电元件（散热等）没有正确安装； • 固定螺钉太长； • 导电部件代替非导电部件使用； • 无关的零件如螺钉、螺母及导线余料	低	—	√ 见注2和注3	√ 见注2和注3
注 1：例行试验可施加在一个组装板/模件或组装的设备上，或两者都施加。 注 2：例行试验和抽样试验同样适用。 注 3：所有试验都是施加额定介质试验电压1 min，或施加110%的额定介质试验电压1 s。				

10.5.3.2.1 介质电压试验的实施

10.5.3.2.1.1 型式试验

型式试验应施加于以下电路：

• 每个电路和可接近的导电部分之间，每个独立电路的端子连接在一起；

• 独立电路之间，每个独立电路的端子连接在一起。

除非很明显，独立电路是由制造厂描述的那些电路。

如果适用，制造厂应声明动合触点的介质电压耐受并通过型式试验验证。如果安装了瞬态抑制器件，不宜对触点间进行试验。试验中未涉及的电路应连接在一起并接地。

在对外露可导电部分试验时，同一额定绝缘电压的电路可以连接在一起。

试验电压应直接施加于端子。

对于具有绝缘外壳的设备，除了在端子周围留出一个适当的间隙以避免对端子产生闪络之外，外露可导电部分应以覆盖整个外壳的金属箔代替，这种金属箔的绝缘试验只应作为型式试验。

10.5.3.2.1.2　例行试验

例行介质电压试验应施加在以下电路：

- 所有独立电路与可接近的导电部分之间，所有独立电路的端子连接在一起；
- 各独立电路之间，所有其它电路的端子连接在一起。如果风险评估表明某些特定电路的试验没有必要进行，则这些电路的试验可以省略。

10.5.3.2.1.3　采用抽样的例行试验

若满足下列要求，组装的设备可以进行抽样试验：

- 组装完整的印制电路板卡件或模件为100%例行试验；
- 当例行试验项目组合到设备中时，由于设备设计和构造的原因，制造厂对所有构造的变化进行了风险分析并形成文件，任何构造和操作问题的安全风险具有非常低的可能性；
- 任何例行试验均按照文件规定的抽样计划实施。

组装设备的抽样试验应在10.5.3.2.1.2规定的相同电路之间进行。

最少的样品数量应为被试批次中随机抽取2台。

安全试验的可接受准则应是：零缺陷为合格，一个缺陷为不合格。

在某批次被拒绝的情况下，该批次或者应进行100%试验，或者经调查和纠正缺陷后该批可以重新按照文件规定的抽样计划实施。

10.5.3.2.2　介质试验电压值

介质电压试验应依据表19中合适的电压施加。该试验电压宜由制造厂指明。

表19　交流试验电压

额定绝缘电压 V	交流试验电压，1 min kV
≤ 63	0.5
125～500	2.0
630	2.3
800	2.6
1 000	3.0

对于由仪用互感器（VT或标准CT）直接激励或连接于站内电源的电路，试验电压不应小于2.0 kV（有效值）历时1 min。对于其它电路[11]，可采用表19确定合适的试验电压。

制造厂可以规定在CT电路上施加较高的试验电压2.5 kV（有效值），历时1 min。当导引线上可能出现短路电流感应的过电压时，在导引线电路上应规定较高的试验电压。这种情况下应由制造厂规定合适的试验电压。

以共模连接到地或中性线的诸如CT、VT或数字输入等共模电路，可以采用500 V试验电压。如果适用，制造厂应声明动合触点间的介质电压耐受值并通过型式试验验证。如果配置了瞬态抑制器件，不应对触点间进行试验。

10.5.3.2.3　试验电压源

试验电压源应满足在对被试设备施加的电压达到规定值的一半时，所观察到的电压降小于10%。

IEC 原注：

11）由不同电源激励的电路的额定绝缘电压的确定见D.12。

源电压值的校准精度应高于5%。

试验电压应为标准的正弦波电压，频率在45 Hz～65 Hz之间。但也可选用其值应等于表19中所给定值1.4倍的直流电压进行试验。

注：为符合电磁兼容要求而采用电容器接地将导致试验电流增大，并使得判断击穿条件困难。这一难题可以通过采用直流电压（$\sqrt{2}$倍的有效值）试验，或只测量交流电阻性电流来解决。

10.5.3.2.4　试验方法

对于型式试验，试验发生器的开路电压应在零伏时施加到设备上。试验电压应以不引发可感知的瞬变方式平稳地上升至规定值，并应保持至少1 min。然后应尽可能快地平稳降至零。

对于例行试验，试验电压可以保持至少1 s。在此情况下，试验电压应比所规定的1 min型式试验电压高出10%。

10.5.3.2.5　试验验收准则

在介质电压试验期间，不应发生击穿或闪络。只要不超过制造厂规定的最大试验电流值的局部放电，均应忽略。

10.5.3.2.6　介质电压试验的重复（交流电源频率高压试验）

如有必要，对于新的设备可以重复进行介质电压耐受试验以检验其性能。试验电压值应等于制造厂规定值的0.75倍。

10.5.3.3　绝缘电阻

绝缘电阻的测量可以作为环境试验之后的一个试验进行，以保证绝缘没有因施加的试验超出强度而被削弱。

测量电压应直接施加于设备端子。

应在施加（500±10%）V的直流电压达到稳态值并至少5 s之后再确定绝缘电阻。

对于新的设备，施加直流500 V时的绝缘电阻[12]不应小于100 MΩ。经过湿热型式试验且恢复1 h～2 h后，在基准环境条件下施加直流500 V时的绝缘电阻不应小于10 MΩ。

10.5.3.4　保护联结试验

10.5.3.4.1　保护联结阻抗－型式试验

外露可导电部分和与用于防止电击危险的保护导体连接的端子之间不应有过大的电阻。

依靠多芯电缆中的一条芯线实现保护导体连接的设备，如果已经为该电缆提供了一个将此保护导体的尺寸考虑在内的合适等级的保护器件，在测量中则不考虑该电缆。

这些部件是否符合保护联结阻抗型式试验要求，应通过采用下列的试验参数检验：

- 试验电流应为用户文件规定的过流保护方式中最大电流额定值的两倍；
- 试验电压不应超过交流 12 V 有效值或直流 12 V；
- 试验持续时间应为 60 s；
- 保护导体端子和被试部件之间的电阻不应超过 0.1 Ω。

10.5.3.4.2　保护联结的连续性－例行试验

在单一故障条件下可能带电的可接近部分，应进行低电流连续性试验，以验证它们与保护接地导体的联结。

建议以避免损害电路为原则来选择连续性测试仪的开路电压和短路电流。

10.5.4　电气环境及可燃性

10.5.4.1　部件和材料的最高温度

可能要求通过试验确定包括操作跳闸状态在内的正常使用(见7.2.1)和单一故障条件下(见7.10.1)元件和材料的最高温度。

10.5.4.2　绝缘材料、元件和防火外壳的可燃性

IEC 原注：

12）当EMC抑制或其它功能元件以并联方式连接于被试电路时，可采用较低的绝缘电阻值。

当塑料部件的材料不满足第7章规定的最低可燃性要求，或其厚度小于材料达到要求的最低可燃性规定的最小值时，可能需要对塑料部件进行测试。

可能需要通过试验确定绝缘材料和元件（见7.5.1～7.5.3）以及防火外壳（见7.9）的可燃性。

10.5.4.3　短时耐热试验

在下列试验期间，绝缘材料的最高温度应在7.10.2表6中适当的绝缘等级所规定的限值之内。

过电压：

设备的VT输入电路应耐受制造厂声明的过电压，在连续的和持续10 s的时间内均没有损坏。

过电流：

设备的CT输入电路应耐受制造厂声明的过电流，在连续的和持续1 s的时间内均没有引起着火或电击风险。

然而，制造厂仅应规定安全的耐受值。

在CT的额定电流为0.5 A～5 A时，保护设备的安全要求为：

- 最少1 s的过电流耐受宜为100 I_n；
- 连续耐受电流至少为4 I_n。

对不能满足这些要求的量度继电器和保护装置，制造厂应规定过电流耐受值和连续耐受值。

对没有规定额定电流值的CT，例如用于灵敏的接地故障，制造厂应规定安全的连续和1 s的过电流耐受值。

10.5.4.4　输出继电器，接通（动合）和承载

设备的输出继电器应能承受制造厂规定的连续电流及接通（动合）和承载电流，而没有损害。

10.5.4.5　单一故障条件

在组装完整的设备上进行单一故障型式试验时，参见5.2的单一故障条件评估和7.10.3的着火蔓延防护要求的符合性。对于在整个平台范围使用的公用模件，只需要在一个特定变化的模件上实施一次单一故障试验就足够了。

任何单一故障测试的需求将依据单一故障条件的评估结果确定（参见M.5.1）。

附 录 A
（规范性附录）
绝缘分类要求和图例

A.1 概述

本附录以典型的示例为不同的电路类型提供了关于绝缘分类和绝缘要求的指南。连同附录B和附录C的绝缘要求宜由附录D确定电气间隙和爬电距离。

A.1.1 危险带电电压（HLV）

危险带电电压适用于以下情况：

- 电压互感器、电流互感器、输出继电器；
- 与交流或直流电源的连接；
- 超过交流有效值 33 V 或直流 70 V 的模拟和数字输入/输出。

表 A.1 产品电路/组的绝缘分类

电路的绝缘分类	产品电路/组
特低电压电路 （ELV）	在正常运行条件下，符合下列的非一次电路： • 不超过交流 33 V 有效值或直流 70 V，即不超过特低电压限值； • 至少通过基本绝缘与危险带电电压隔离。 见图 A.4。 注： 在正常运行条件下ELV电路不宜是可接近的。 例如： • 非一次电路； • 符合特低电压限值的模拟（数字）输入和输出； • 与其它产品的特低电压端子的连接。
安全特低电压电路 （SELV）	符合特低电压限值和下列条件的非一次电路： • 通过加强绝缘（双重绝缘）与危险带电电压隔离； • 不应提供接地连接。 见图 A.1 注 1：SELV电路可以是可接近的，并且在正常运行和单一故障这两种条件下触及也是安全的。 注 2：SELV电路不允许与地连接，例如不允许与接地的电缆屏蔽或接地的通信电路连接。需要接地时，电路的定义宜根据图A.2（PELV）改变。 例如： • 可以直接连接于不接地的通信网络或电路的模拟（数字）输入和输出； • 适合与其它设备的 SELV 端口连接的 SELV 端口。
保护特低电压电路 （PELV）	符合特低电压限值和下列条件的非一次电路： • PELV 电路应通过加强绝缘（双重绝缘）与危险带电电压隔离； • PELV 电路可连接到功能地、保护（接地）导体，或提供接地连接。 见图 A.2。 注： PELV电路是可接近的，并且在正常工作和单一故障条件下触及也是安全的。 例如： • 可直接连接于通信网络或电路的模拟（数字）输入和输出； • 适合与其它设备的 PELV 端口连接的 PELV 端口。

表 A.1（续）

电路的绝缘分类	产品电路/组
保护等电位联结电路（PEB）	符合 ELV 电压限值和下列条件的非一次电路： • 以基本绝缘把 PEB 电路和危险带电电压隔离以提供基本的电击防护； • 对于故障保护，PEB 电路和可接近的导电部件应连接到保护导体端子并应符合 10.5.3.4.1 的规定，以防止 PEB 电路中出现危险带电电压。 见图 A.3。 注 1： PEB电路是可接近的，并且在正常运行和单一故障条件下触及也是安全的。 注 2： PEB电路可考虑作为保护接地电路或接地的可接近部分，以达到表A.2的目的。 例如： • 可直接连接于通信网络或电路的模拟（数字）输入和输出； • 适合与其它设备的 PEB 端口连接的 PEB 端口。

A.1.2 符号

下列符号适用于表A.2和图A.1～A.4：

a) 要求

B：基本绝缘或附加绝缘；

D：双重绝缘或加强绝缘；

F：功能绝缘。

b) 电路和部件

A：可接近部件，不与保护导体端子连接；

C：设备外壳；

ELV:：正常运行条件下，不超过表 A.1 的 ELV 限值的电路或部件；

HLV：正常运行条件下，本标准 3.26 中定义的危险带电电路或部件；

PEB、PELV、SELV：在正常运行和单一故障两种条件下，由表 A.1 规定的安全可触及的电路；

Z：二次电路阻抗。

表 A.2 任意两个电路间的绝缘要求

典型电路的绝缘要求见A.2。

	HLV 一次电路[a]	ELV 电路	SELV 电路	PELV 电路	PEB 电路[b]	非一次电路的接地的HLV[bc]	非一次电路的未接地的HLV[c]
HLV 一次电路[a]	F/B[af] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	D (D.7-D.10)	B[e] (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)
ELV 电路	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.2)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F/B[ef] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)
SELV 电路	D (D.7～D.10)	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	D (D.7～D.10)
PELV 电路[b]	D (D.7～D.10)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	D (D.7～D.10)

表 A.2（续）

	HLV 一次电路[a]	ELV 电路	SELV 电路	PELV 电路	PEB 电路[b]	非一次电路的接地的 HLV[bc]	非一次电路的未接地的 HLV[c]
PEB 电路[b]	B[e] (D.3～D.6)	F/B[ef] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F/B[e] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)
非一次电路的保护接地的 HLV[bc]	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	D (D.7～D.10)	B (D.3～D.6)	F/B[e] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)
非一次电路的未接地的 HLV[c]	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	D (D.7～D.10)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)
未接地的可接近部分[g]	D (D.7～D.10)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	D (D.7～D.10)	B/D[d] (D.3～D.6)/ (D.7～D.10)
保护接地的可接近部分[bg]	B (D.3～D.6)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	F (D.1～D.2)	F/B[f] (D.1～D.6)/ (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)	B (D.3～D.6)

本表中以括号表示表 D.1～D.10。根据电压类别和污染等级选择这些表。

B = 基本绝缘；D－双重绝缘或加强绝缘；F－功能绝缘；S－附加绝缘。

[a] 如果功能性电压（与地无关）大于额定绝缘电压，功能绝缘的爬电距离可以大于基本绝缘的爬电距离。例如一个功能性的相对相电压为 400 V 有效值的端子座。电痕化指数（CTI）在 100 到 399 之间时，400 V 功能绝缘的爬电距离为 4.0 mm（表 D.2），而 230 V 有效值的相对地（300 V 基本绝缘）的爬电距离为 3.0 mm（表 D.6）。

[b] 与保护导体的连接应符合 10.5.3.4.1 的要求，否则应视其为一个未接地的电路。

[c] 在 HLV 非一次电路和 HLV 一次电路之间至少应采用基本绝缘。

[d] 在危险电压下的未接地的非一次电路与未接地的可接近的导电部分（表 A.2 中的 B/D[d]）之间的绝缘应满足更严格的下列要求：

- 双重（加强）绝缘，其工作电压等于危险电压；或
- 附加绝缘，其工作电压等于处于危险电压下的非一次电路与下列电路之间的电压：
  - 另一个处于危险电压下的非一次电路；或
  - 一个一次电路。

[e] PEB 基本绝缘的应用条件见图 A.3。

[f] 设备安装时，如果其电路之一是独立电路或邻近可以接地的导电部分，应采用附加绝缘或基本绝缘。该绝缘要求将取决于过电压类别。设备的正常的过电压类别为过电压类别 III(见表 D.5 或 D.6)。然而在某些应用中，若设备由下列任一情况供电，瞬态现象限制在过电压类别 II，可采用表 D.3 或 D.4：

- 不与保护继电器或测量设备连接的电池*；或
- 办公环境的交流电源*。

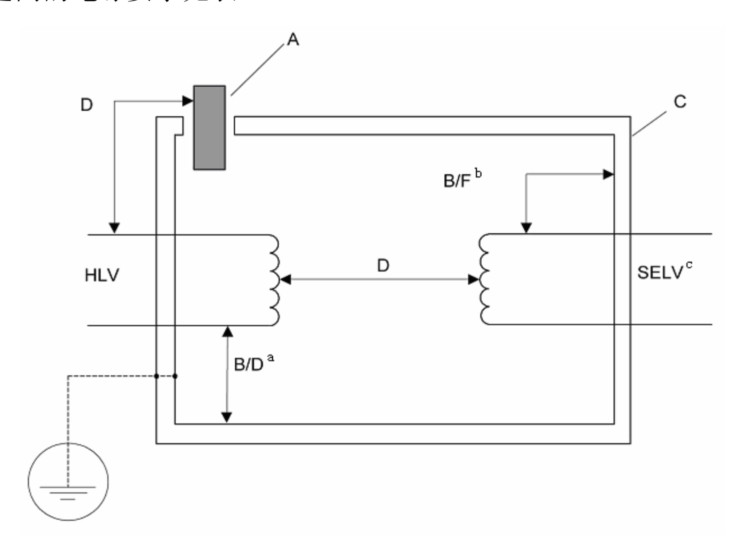
  *电源上最大瞬态电压幅值应为 2 500 Vp。

[g] 功能接地电路应视为一个未接地的可接近部分。例外的情况是，功能接地与保护导体相连且能满足 PEB[h] 要求，则可视为接地的可接近部分。

[h] 原文误为 PBR。

A.2 符合表A.2要求的典型绝缘示例

不同电路/部件之间的绝缘要求见表A.2。

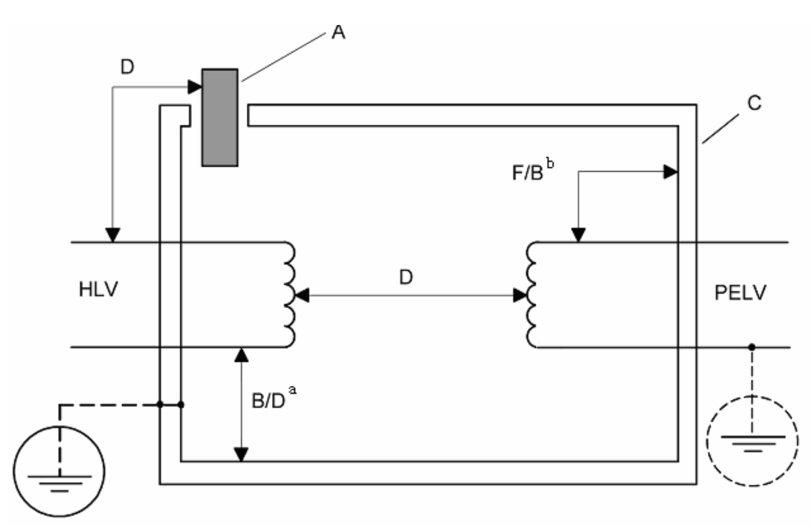


[a] 如果外壳（可接近部分）是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间仅要求基本绝缘（B）。否则，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间应采用双重绝缘（D）。

[b] 如果外壳是导电的，外壳与安全特低电压（SELV）电路之间应采用基本绝缘。否则，可采用功能绝缘。

[c] 不允许安全特低电压（SELV）电路与地连接。

图 A.1 带安全特低电压输入/输出（I/O）的设备

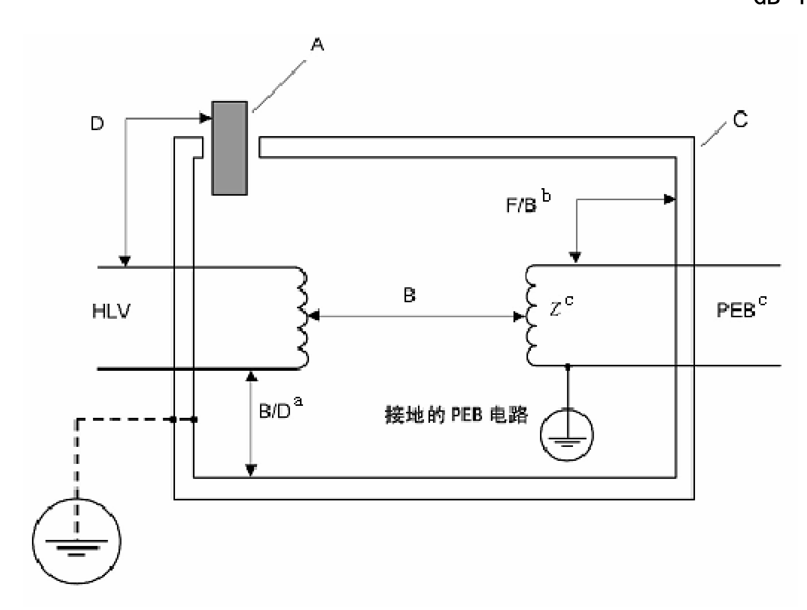


[a] 如果外壳（可接近部分）是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间仅要求基本绝缘。否则，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间要求双重绝缘。

[b] 如果外壳导电并接地，外壳与保护特低电压（PELV）间应采用基本绝缘。否则，可采用功能绝缘。

注： 只有出于功能性（EMC）目的，才允许接地导体连接到Ⅱ类设备上，例如电缆屏蔽接地。但该屏蔽宜通过以基于相邻电路额定电压的基本绝缘作为防护。

图 A.2 带保护特低电压输入/输出（I/O）的设备

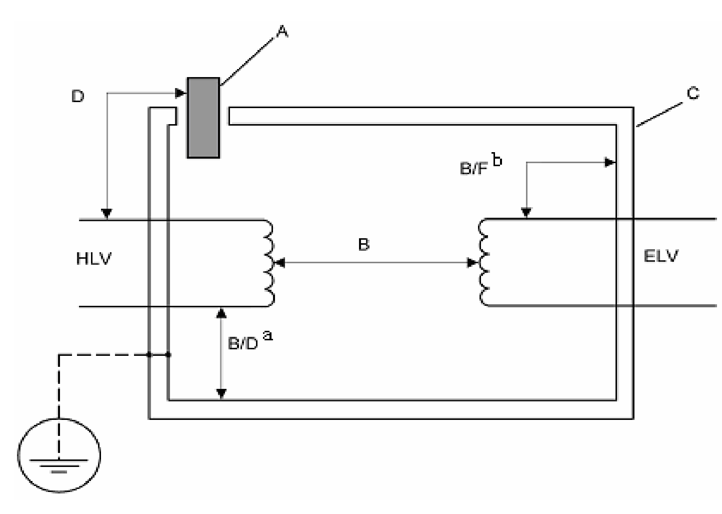


[a] 如果外壳（可接近部分）是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间仅要求基本绝缘。否则，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间要求采用双重绝缘。

[b] 如果外壳导电并接地，外壳与保护特低电压（PELV）间应采用基本绝缘。否则，可采用功能绝缘。

[c] 保护等电位联结（PEB）电路与保护导体端子包括阻抗 Z 的连接路径应符合 10.5.3.4.1。在单一故障条件下，如果某一危险带电电压（HLV）导体与保护等电位联结（PEB）电路短路，该保护等电位联结（PEB）电路不会变为危险带电。

图 A.3 带保护等电位联结输入/输出（I/O）的设备



[a] 如果外壳（可接近部分）是导电的并且连接到保护导体端子上，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间仅要求基本绝缘。否则，外壳（可接近部分）与危险带电电压（HLV）间要求采用双重绝缘。

[b] 如果外壳是导电的，外壳与特低电压（ELV）间应采用基本绝缘。否则，可采用功能绝缘。

图 A.4 带特低电压输入/输出（I/O）的设备

附 录 B
（资料性附录）
电源系统的标称电压

本附录旨在为交、直流电源系统的标称电压提供信息，以确定合适的工作电压，与附录A、附录C、附录D一并用于确定电路的电气间隙和爬电距离要求。

表 B.1 – 交、直流电源系统的标称电压

从标称额定电压或工作电压导出的线对中性点的电压，交流有效值或直流值，最大至 V	目前世界上采用的标称电压			
	中性点接地的三相四线系统（星形）地 V	不接地的三相三线系统（三角形）V	单相二线系统（交流或直流）V	单相三线系统（交流或直流）V
50	—	—	12.5，24，25，30，42，48	30～60
100	66/115	66	60	—
150	120/208，127/220	115，120，127	110，120	110～220，120～240
300	220/380，230/400，240/415，260/440，277/480	220，230，240，260，277，347，380，400，415，440，480	220	220～440
600	347/600，380/660，400/690，417/720，480/830	500，577，600	480	480～960
1 000	—	660，690，720，830，1 000	1 000	—

附 录 C
（规范性附录）
额定冲击电压

本附录旨在为提供出现在供电线路上的相对于中性点（地）的冲击电压耐受要求的信息。标称额定电源电压或工作电压可通过附录B确定。

采用相关的额定电压和过压类别以及污染等级，通过选择附录D的适当的表确定出于安全考虑的电气间隙和爬电距离。对于大多数的应用，300 V和过压类别III的情况是合适的(见D.1.1)。

额定冲击电压决定空气中的电气间隙。

表 C.1 额定冲击电压（波形：1.2/50 μs）

从标称额定电压或工作电压导出的线对中性点电压,交流有效值或直流值，最大至 V （见注1和注2）	额定冲击电压 （见注3） V		
	过电压类别		
	I	II	III
50	330	500	800
100	500	800	1 500
150	800	1 500	2 500
300	1 500	2 500	4 000
600	2 500	4 000	6 000
1 000	4 000	6 000	8 000

注1： 对于现存的低压电源及其标称值不同的应用，优先选择线对中性点的电压，见表B.1。

注2： 额定冲击耐受电压给出的是海拔高度为2 000 m的值，更高海拔高度的试验电压的倍增系数见表D.11。

注3： 与一次电路连接的电路不允许插补额定冲击电压。

注4： 对于过电压类别Ⅳ的数值，参见GB/T 16935.1。

附　录　D
（规范性附录）
确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南

D.1　总则

本附录为包括海拔影响的设备绝缘提供了确定最小电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南。

电气间隙和爬电距离应在考虑以下影响因素后选择：

- 污染等级；
- 过电压类别；
- 额定绝缘电压；
- 绝缘要求（功能绝缘、基本绝缘、双重绝缘和加强绝缘）；
- 绝缘的场合（例如承受机械力等）。

基本绝缘提供基本的电击防护，通常由相对于地的工作电压以及确定冲击电压级别的适当的过电压类别确定。

功能绝缘是设备的功能所要求的，它不能提供电击防护。冲击电压一般对确定功能绝缘的影响很小，通常采用表D.2或D.1确定功能绝缘。但是，根据可能跨越功能电路的瞬态现象或冲击电压，采用其它的表，例如表D.3～表D.6，来确定功能绝缘也可能是合适的。因此，表D.3～表D.6对功能绝缘或基本绝缘或附加绝缘可能是适用的。

包括多层印制电路板的内层在内的无空隙模压部件内部的固体绝缘，没有电气间隙或爬电距离要求。固体绝缘应按照10.5.3.2的介质电压试验验证。

D.1.1　额定绝缘电压

设备的一个或所有电路的额定绝缘电压可以由本附录的各表确定。但是，对于由仪用互感器直接激励的设备或直接连接于站内电源[13]的电路，其额定绝缘电压不应低于250 V。这适用于0 V和250 V之间的激励电压。

直接由低压交流电源激励的设备的额定冲击电压应根据规定的相应过电压类别（通常为III级）和设备的标称电压由表C.1确定。

对于基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘，表D.3～D.10的第一列是相对于地或中性点的电压值。

注： 表D.1和表D.2是特定用于功能绝缘的工作电压，它可能与对地或中性点无关。

D.1.2　额定绝缘电压的确定

额定绝缘电压应按如下确定：

a)　对于带电部分和外露可导电部分之间的绝缘，不低于被考虑电路的额定电压；

b)　除 e)中给出的情况之外，对于一个电路各部分之间的绝缘，不低于被考虑电路的额定电压；

c)　对于两个独立电路的各部分之间的绝缘，至少宜等于这些电路中的较高的额定电压；

d)　除非制造厂与用户达成协议，对于动合触点之间的间隙，不规定额定绝缘电压；

e)　对于额定电压超过 1 000 V 的设备电路，应采用 GB 311.1 和 GB/T 311.2 [1]确定电气间隙、爬电距离和耐受电压。

关于 D.1.1 中某些电路的最低适用的额定绝缘参数，应由表 B.1 的第一列确定”。

D.1.3　额定冲击电压的确定

运行过程中预期出现的瞬态过电压被当作确定额定冲击电压的基础（一次电路见5.1.9.1.1，非一

IEC 原注：

13） 如果 24 V 或 48 V 电源只用于通信电路，即没有量度继电器和保护装置连接到该电源，根据表 C.1，50 V 是适当的工作电压，相应的过电压类别III的冲击电压是 800 V_P。然而，连接到通信网络相关的较高的过电压是否合适，宜依据 IEC 62151 确定。

次电路见5.1.9.1.2，并且作为试验参考）。

首先，应确定额定绝缘电压，见D.1.2。

然后，应采用表C.1的额定绝缘电压和适当的过电压类别确定额定冲击电压。

D.1.3.1 额定冲击电压的选择

设备的额定冲击电压应根据规定的过电压类别和设备的标称电压采用表B.1和表C.1确定。

D.1.3.2 设备内部冲击电压的绝缘配合

设备的额定冲击电压适用于明显受外部瞬态过电压影响的设备内的部件或电路。由设备运行可能引起的瞬态过电压对外部电路的影响不应超过D.1.4的规定。

对于设备内部具有特别瞬态过电压防护的其它部件或电路，通过瞬态抑制以至不受外部瞬态过电压的显著影响，其绝缘所要求的冲击耐受电压与设备的额定冲击电压无关，而与部件或电路的实际状态有关，其电气间隙应由表D.1～D.10确定。但瞬态保护电路应符合10.5.2.2的试验要求，不能降低电路的整个的过电压类别，除非在差模和共模两种情况下均采用合适的瞬态抑制。

D.1.4 由设备产生的通断过电压

对于可能在其端子上产生过电压的设备，例如开关器件，额定冲击电压意味着当设备按照相关标准和制造厂的说明书使用时，不应产生大于这个值的过电压。否则，用户应采取措施以限制通断过电压的影响。

D.1.5 绝缘材料

相比电痕化指数（CTI）值用于对绝缘材料作如下的分类：

材料组别Ⅰ　　600 ≤ CTI

材料组别Ⅱ　　400 ≤ CTI ＜ 600

材料组别Ⅲa　　175 ≤ CTI ＜ 400

材料组别Ⅲb　　100 ≤ CTI ＜ 175

注1：上述CTI值是按照GB/T 4207—2003的方法A从所用绝缘材料获得的。

注2：对于不会发生电痕化的无机绝缘材料，例如玻璃或陶瓷，爬电距离无需大于相应的电气间隙。但是，宜考虑破坏性放电的风险。

D.1.6 过电压类别

确定适用的过电压类别应以下列准则为基础：

类别Ⅰ

类别Ⅰ适用于采用了特殊措施（例如具有良好防护的电子电路）将瞬态电压限制在合适值的设备。

注： 为了达到类别I的要求，对共模电路和差模电路均宜采取特殊的电压测量措施。

类别Ⅱ

类别Ⅱ适用于下列所有条件：

a) 设备的辅助激励[11]电路（电源电路）连接于一个只用于为静态设备供电的电源；

注： 这种情况仅仅是，当导线较短并且连接到该交流或直流电源的其它电路没有切换操作，电源导线上的瞬态电压将比过电压类别III规定的低。

b) 设备的输入激励电路没有直接连接于电压互感器或电流互感器，并且连接导线采取了良好的屏蔽和接地措施；

c) 输出电路通过短导线连接于负载。

类别Ⅲ

类别Ⅲ适用于多数设备的实际应用情况，应特别用于：

a) 设备的辅助激励电路（电源电路）连接于一个公用电源，并且（或）由于导线较长，电源导线

采标注：

11　原文遗漏“激励”(energizing)。

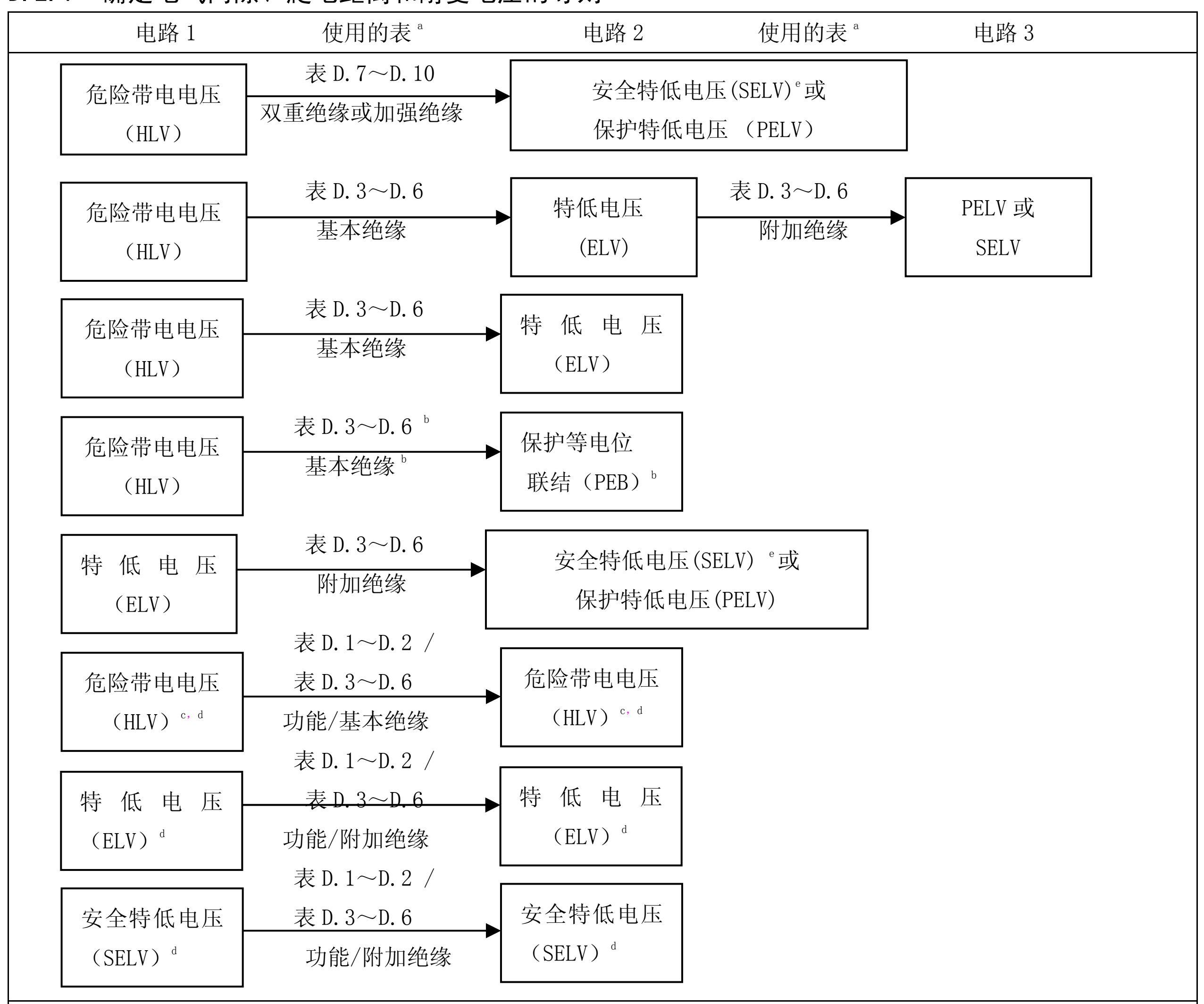
上可能出现较高的共模瞬态过电压，以及由于另一个连接于同一电池或电源的其它电路的通断可能产生差模电压；

b) 设备的输入激励电路连接于电流互感器和电压互感器；

c) 输出电路通过长导线连接于负载，在输出端子上可能出现一个相对较高的共模瞬态电压。

D.2 电气间隙、爬电距离和耐受电压的确定

D.2.1 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的导则



注 1：电路的绝缘等级见表A.1。

注 2：任意两个电路之间的绝缘要求见表A.2。

注 3：ELV、PEB、PELV、SELV电路之间的典型绝缘示例及绝缘要求见图A.1～A.4。

[a] 依据过电压类别和污染等级选择表格。

[b] 前提是 PEB 电路不能成为危险带电电路，见图 A.3。

[c] 如果功能电压（与地无关）大于额定绝缘电压，则功能绝缘的爬电距离可以大于基本绝缘的爬电距离，实例之一是功能的相电压的有效值为 400 V 的接线座。当相比电痕化指数为 100～399 时，400 V 的功能绝缘的爬电距离为 4.0 mm （表 D.2），而相对地电压的有效值为 230 V（300 V 基本绝缘）时的爬电距离为 3.0 mm（表 D.6）。

[d] 如果电路中有一个是独立的电路，即由规范要求的两个电路之间的耐受电压为 2 kV 有效值 1 min，应采用附加绝缘或基本绝缘（表 D.3～D.6）。

[e] SELV：安全特低压也用作隔离的特低压。

图 D.1 确定电气间隙、爬电距离和耐受电压的指南

D.2.2 电气间隙、爬电距离和耐受电压的确定

设备在污染等级3和污染等级4的环境中使用时，电气间隙和爬电距离应按照GB/T 16935.1确定。可能要求采用合适的外壳对设备进行遮蔽，以保证满足污染等级3和污染等级4的要求。

额定电压为250 V时的爬电距离，应按照GB/T 14598.3－2006中的表4确定。对于印制电路板类的部件，当电气间隙和爬电距离不大于2 mm时，可按照IEC 60664-5:2003确定其电气间隙和爬电距离。[12]

D.2.2.1 内部环境污染等级的降低

对于外部环境污染等级2和污染等级3的设备，内部环境污染等级的降低见表D.12。

D.2.2.2 印制电路板（PCB）涂覆层

表D.2～D.10中对于带涂覆层（阻焊）的PCB的爬电距离值，仅用于导体之间的涂层覆盖了其中一个或全部两个导体以及它们之间表面距离的至少80%的情况。涂覆层应符合GB/T 16935.3中给出的A类涂覆层的要求。

表 D.1 功能绝缘，污染等级 1，过电压类别 I

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别 I					
	电气间隙 mm	爬电距离 mm		耐受电压[b] V		
		设备内部 CTI≥100	印制电路板上[a] CTI≥100	峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值. 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.05	0.18	0.05	330	230	330
100	0.10	0.25	0.10	500	350	500
150	0.15	0.30	0.25	800	490	700
300	0.50	0.70	0.70	1 500	820	1 150
600	1.50	1.70	1.70	2 500	1 350	1 900
1 000	3.00	3.20	3.20	4 000	2 200	3 100

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

采标注：

12 为达到与有关绝缘配合标准之间的协调，此条款是在 IEC 原文之外增加的。

表 D.2 功能绝缘，污染等级 2，过电压类别 Ⅰ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别 Ⅰ								
	电气间隙 mm	爬电距离 mm					耐受电压[c] V		
		设备内部			印制电路板上		峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
		材料组别			未涂覆	涂覆[a,b]			
		Ⅰ CTI≥600	Ⅱ CTI≥400	Ⅲ CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100			
50	0.05	0.60	0.85	1.20	0.10	0.05	330	230	330
100	0.10	0.70	1.00	1.40	0.16	0.10	500	350	500
150	0.15	0.75	1.05	1.50	0.40	0.25	800	490	700
300	0.50	1.50	2.10	3.00	1.50	0.70	1 500	820	1 150
600	1.50	3.00	4.30	6.00	3.00	1.70	2 500	1 350	1 900
1 000	3.00	5.00	7.00	10.00	5.00	3.20	4 000	2 200	3 100

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 对涂覆层的最低要求见 D.2.2。

[c] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.3 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 1，过电压类别 Ⅱ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别 Ⅱ					
	电气间隙 mm	爬电距离 mm		耐受电压[b] V		
		设备内部 CTI≥100	印制电路板上[a] CTI≥100	峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.10	0.18	0.10	500	350	500
100	0.15	0.25	0.15	800	490	700
150	0.50	0.50	0.50	1 500	820	1 150
300	1.50	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
600	3.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
1 000	5.50	5.50	5.50	6 000	3 250	4 600

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.4 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 2，过电压类别Ⅱ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别Ⅱ								
	电气间隙 mm	爬电距离 mm					耐受电压[c] V		
		设备内部			印制电路板上		峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
		材料组别			未涂覆	涂覆[a,b]			
		I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100			
50	0.10	0.60	0.85	1.20	0.10	0.10	500	350	500
100	0.15	0.70	1.00	1.40	0.16	0.15	800	490	700
150	0.50	0.75	1.05	1.50	0.50	0.50	1 500	820	1 150
300	1.50	1.50	2.10	3.00	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
600	3.00	3.00	4.30	6.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
1 000	5.50	5.50	7.00	10.00	5.50	5.50	6 000	3 250	4 600

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 对涂覆层的最低要求见 D.2.2。

[c] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.5 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 1，过电压类别Ⅲ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别Ⅲ					
	电气间隙 mm	爬电距离 mm		耐受电压[b] V		
		设备内部 CTI≥100	印制电路板上[a] CTI≥100	峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.15	0.18	0.15	800	490	700
100	0.50	0.50	0.50	1 500	820	1 150
150	1.50	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
300	3.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
600	5.50	5.50	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	8.00	8.00	8.00	8 000	4 350	6 150

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.6 功能绝缘、基本绝缘或附加绝缘，污染等级 2，过电压类别III

<table>
<tr><th rowspan="5">标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至
V</th><th colspan="9">污染等级 2
过电压类别III</th></tr>
<tr><th rowspan="4">电气间隙
mm</th><th colspan="5">爬电距离
mm</th><th colspan="3">耐受电压[c]
V</th></tr>
<tr><th colspan="3">设备内部</th><th colspan="2">印制电路板上</th><th rowspan="3">峰值脉冲
1.2/50
μs</th><th rowspan="3">有效值
50/60 Hz
1 min</th><th rowspan="3">直流
1 min</th></tr>
<tr><th colspan="3">材料组别</th><th>未涂覆</th><th>涂覆[a,b]</th></tr>
<tr><th>I
CTI≥600</th><th>II
CTI≥400</th><th>III
CTI≥100</th><th>CTI≥175</th><th>CTI≥100</th></tr>
<tr><td>50</td><td>0.15</td><td>0.60</td><td>0.85</td><td>1.20</td><td>0.15</td><td>0.10</td><td>800</td><td>490</td><td>700</td></tr>
<tr><td>100</td><td>0.50</td><td>0.70</td><td>1.00</td><td>1.40</td><td>0.50</td><td>0.50</td><td>1 500</td><td>820</td><td>1 150</td></tr>
<tr><td>150</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>2 500</td><td>1 350</td><td>1 900</td></tr>
<tr><td>300</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>4 000</td><td>2 200</td><td>3 100</td></tr>
<tr><td>600</td><td>5.50</td><td>5.50</td><td>5.50</td><td>6.00</td><td>5.50</td><td>5.50</td><td>6 000</td><td>3 250</td><td>4 600</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td>8.00</td><td>8.00</td><td>8.00</td><td>10.00</td><td>8.00</td><td>8.00</td><td>8 000</td><td>4 350</td><td>6 150</td></tr>
<tr><td colspan="10">[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。
[b] 对涂覆层的最低要求见 D.2.2。
[c] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。</td></tr>
</table>

表 D.7 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 1，过电压类别II

<table>
<tr><th rowspan="4">标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至
V</th><th colspan="6">污染等级 1
过电压类别II</th></tr>
<tr><th rowspan="3">电气间隙
mm</th><th colspan="2">爬电距离
mm</th><th colspan="3">耐受电压[b]
V</th></tr>
<tr><th>设备内部
CTI≥100</th><th>印制电路板上[a]
CTI≥100</th><th>峰值脉冲
1.2/50 μs</th><th>有效值
50/60 Hz
1 min</th><th>直流
1 min</th></tr>
<tr></tr>
<tr><td>50</td><td>0.15</td><td>0.36</td><td>0.15</td><td>800</td><td>490</td><td>700</td></tr>
<tr><td>100</td><td>0.50</td><td>0.50</td><td>0.50</td><td>1 500</td><td>820</td><td>1 150</td></tr>
<tr><td>150</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>1.50</td><td>2 500</td><td>1 350</td><td>1 900</td></tr>
<tr><td>300</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>3.00</td><td>4 000</td><td>2 200</td><td>3 100</td></tr>
<tr><td>600</td><td>5.50</td><td>5.50</td><td>5.50</td><td>6 000</td><td>3 250</td><td>4 600</td></tr>
<tr><td>1 000</td><td>8.00</td><td>8.00</td><td>8.00</td><td>8 000</td><td>4 350</td><td>6 150</td></tr>
<tr><td colspan="7">[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。
[b] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。</td></tr>
</table>

表 D.8 双重绝缘或加强绝缘、污染等级 2，过电压类别Ⅱ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别Ⅱ								
	电气间隙 mm	爬电距离 mm					耐受电压[c] V		
		设备内部			印制电路板上		峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
		材料组别			未涂覆	涂覆[a, b]			
		Ⅰ CTI≥600	Ⅱ CTI≥400	Ⅲ CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100			
50	0.15	1.20	1.70	2.40	0.15	0.15	800	490	700
100	0.50	1.40	2.00	2.80	0.50	0.50	1 500	820	1 150
150	1.50	1.50	2.10	3.00	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
300	3.00	3.00	4.20	6.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
600	5.50	6.00	8.60	12.00	6.00	5.50	6 000	3 250	4 600
1 000	8.00	10.00	14.00	20.00	10.00	8.00	8 000	4 350	6 150

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 对涂覆层的最低要求见 D.2.2。

[c] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.9 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 1，过电压类别Ⅲ

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 1 过电压类别Ⅲ					
	电气间隙 mm	爬电距离 mm		耐受电压[b] V		
		设备内部 CTI≥100	印制电路板上[a] CTI≥100	峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
50	0.50	0.50	0.50	1 500	820	1 150
100	1.50	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
150	3.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
300	5.50	5.50	5.50	6 000	3 250	4 600
600	8.00	8.00	8.00	8 000	4 350	6 150
1 000	14.00	14.00	14.00	12 000	6 500	9 200

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.10 双重绝缘或加强绝缘，污染等级 2，过电压类别III

标称额定绝缘电压或工作电压（交流有效值或直流值），最大至 V	污染等级 2 过电压类别III								
	电气间隙 mm	爬电距离 mm					耐受电压[c] V		
		设备内部			印制电路板上		峰值脉冲 1.2/50 μs	有效值 50/60 Hz 1 min	直流 1 min
		材料组别			未涂覆	涂覆[a, b]			
		I CTI≥600	II CTI≥400	III CTI≥100	CTI≥175	CTI≥100			
50	0.50	1.20	1.70	2.40	0.50	0.50	1 500	820	1 150
100	1.50	1.50	2.00	2.80	1.50	1.50	2 500	1 350	1 900
150	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4 000	2 200	3 100
300	5.50	5.50	5.50	6.00	5.50	5.50	6 000	3 250	4 600
600	8.00	8.00	11.00	12.00	8.00	8.00	8 000	4 350	6 150
1 000	14.00	14.00	14.00	20.00	14.00	14.00	12 000	6 500	9 200

[a] 同样适用于引线间具有稳定机械距离的 PCB 安装元件。

[b] 对涂覆层的最低要求见 D.2.2。

[c] 验证空气中的电气间隙见 10.5.2.2 和表 D.11。

表 D.11 校验空气中的电气间隙的试验电压倍增系数

试验海拔高度（m）	0～200	500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000	5 000
试验电压倍增系数	1.20	1.15	1.10	1.05	1.00	0.87	0.77	0.67

表 D.12 通过在设备内采用附加防护降低内部环境的污染等级

设备内的附加防护	从外部环境污染等级 2 到	从外部环境污染等级 3 到
持续加热（见注 1）	1	1
封装（见注 2）	1	1
涂覆（见注 3）	1	2
外壳密封	1	1
外壳防护符合 GB 4208 的 IPx4	2	2

注 1：如果设备内部环境温度升高至少5 ℃，则可以采用。

注 2：封装－作为固体绝缘考虑时，封装是指完全包裹在诸如环氧树脂之类封装材料中的这些部分，包括印制电路板内层上的线条和焊盘。它为被封装的表面、元件和导体表面之间提供了对任何凝露的屏障。

注 3：涂覆－适用于被阻焊剂覆盖的印制电路导线或被敷形涂覆的导体或元件。

注 4：如果用表D.12确定减少了爬电距离，宜确保其不小于允许的最小电气间隙。

附　录　E
（资料性附录）
电气间隙和爬电距离的测量

本附录给出了不同情况下电气间隙和爬电距离测量的示例。

E.1　基本原则

例1～例11中规定的沟槽宽度适用于以下的以污染等级为函数的所有示例。

表　E.1　污染等级与凹槽宽度 *X* 对应关系

污染等级	沟槽宽度 *X* 的最小值 mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5
4	2.5

如果相应的电气间隙不大于3 mm，最小沟槽宽度可以降至该电气间隙的1/3。

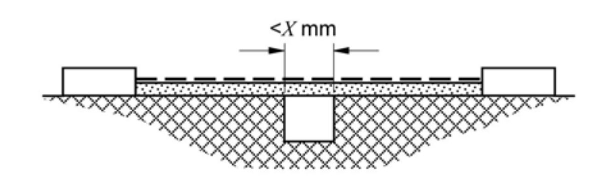
测量爬电距离和电气间隙的方法示于例1～例11。这些示例不区分间隙和沟槽之间或绝缘类型之间的差异。

给出如下假设：

- 假定任意沟槽被长度等于规定宽度为 *X* 的绝缘连接线在最不利的位置下桥接（见例 3）；
- 当跨越沟槽的距离不小于规定宽度 *X* 时，沿着沟槽的轮廓测量爬电距离（见例 2）；
- 假定部件之间的爬电距离和电气间隙可能呈现不同位置时，以最不利的位置测量。

E.2　电气间隙和爬电距离的测量示例

例 1：

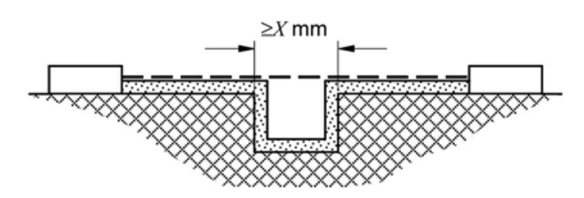


条件：所考虑的路径包含一个宽度小于 *X* mm、任意深度的两边平行或收敛形的沟槽。

规则：如图所示，爬电距离和电气间隙直接跨过沟槽测量。

电气间隙　——————　　　　爬电距离

例 2：

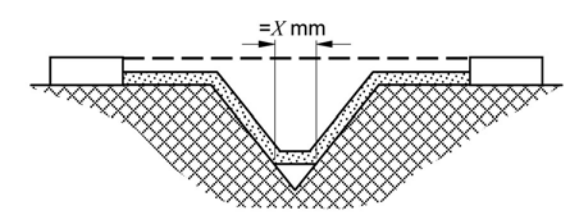


条件：所考虑的路径包括一个任意深度而宽度不小于 X mm 的两边平行的沟槽。

规则：电气间隙是“虚线”的距离。

爬电路径沿着沟槽的轮廓。

例 3：

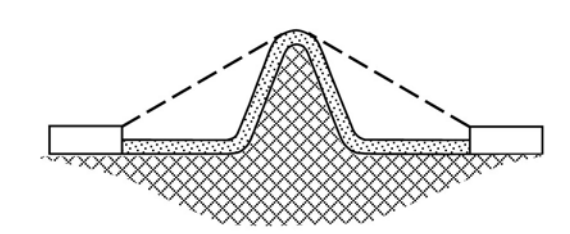


条件：所考虑的路径包括一个宽度大于 X mm 的 V 形槽。

规则：电气间隙是“虚线”的距离。

爬电路径沿着沟槽的轮廓但被 X mm 的连接线把槽底“短路”。

例 4：

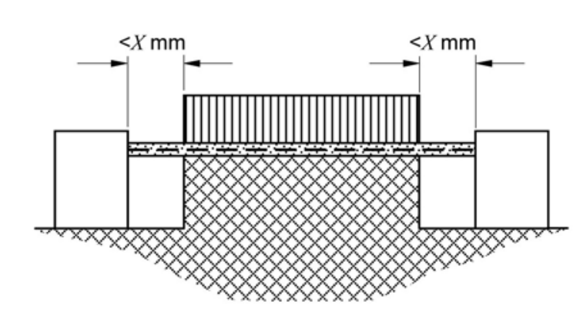


条件：所考虑的路径包括一条筋。

规则：电气间隙是通过筋的顶部最短的直接空气路径。

爬电路径沿着筋的轮廓。

例 5：

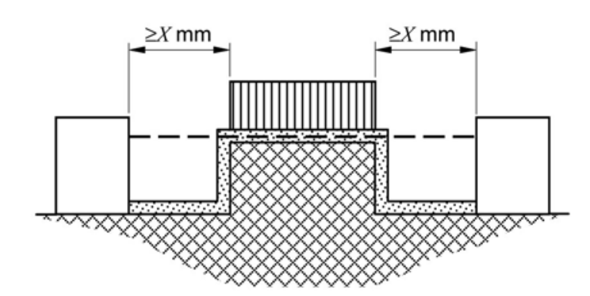


条件：所考虑的路径包括一未粘合的接缝以及每边宽度小于 X mm 的沟槽。

规则：电气间隙和爬电距离为图示的“虚线”距离。

电气间隙 — — — — — —　　　　爬电距离 

例 6：

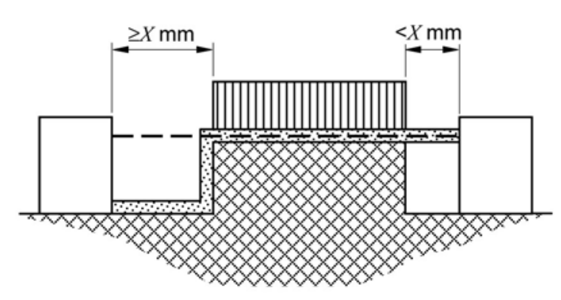


条件：所考虑的路径包括一未粘合的接缝以及每边宽度不小于 *X* mm 的沟槽。

规则：电气间隙为“虚线”距离。

爬电路径沿着沟槽的轮廓。

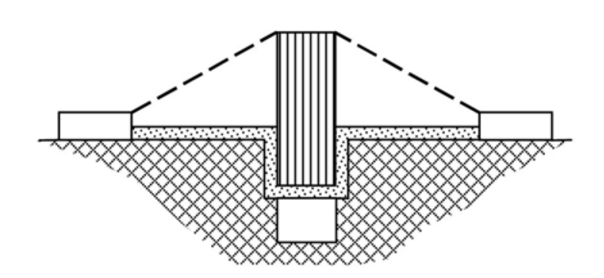
例 7：



条件：所考虑的路径包括一未粘合的接缝以及一边的宽度小于 *X* mm，另一边的宽度不小于 *X* mm 的沟槽。

规则：电气间隙和爬电距离如图所示。

例 8：

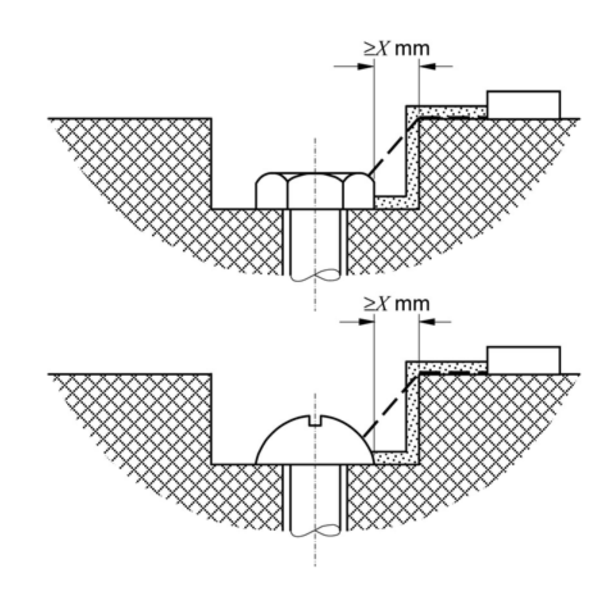


条件：通过未粘合的接缝的爬电距离小于跨过隔栏的爬电距离。

规则：电气间隙是通过隔栏顶部的最短直线的空气路径。

电气间隙 ——————　　　　爬电距离

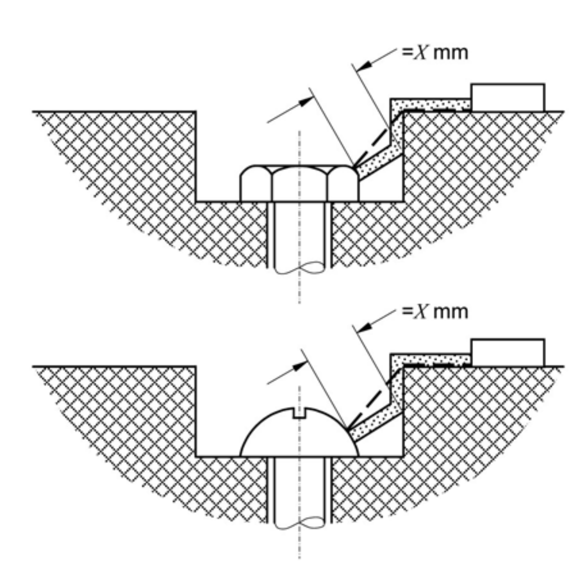
例 9：



条件：螺钉头与沟槽壁之间的间隙足够宽而加以考虑。

规则：爬电距离的测量如图所示。

例 10：

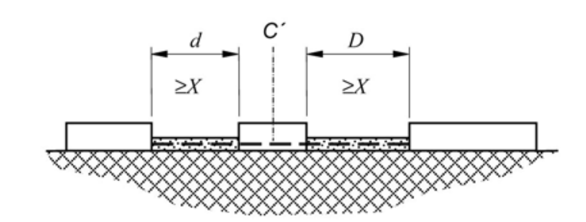


条件：螺钉头和凹槽壁之间的间隙过分窄小考虑而不予考虑。

规则：当距离等于 X mm 时，测量爬电距离是从螺钉至沟槽壁。

电气间隙 ––––––　　　　爬电距离

例 11：



C′ 浮动部分

条件：电气间隙和爬电距离中有浮起部分。

规则：电气间隙 = $d + D$

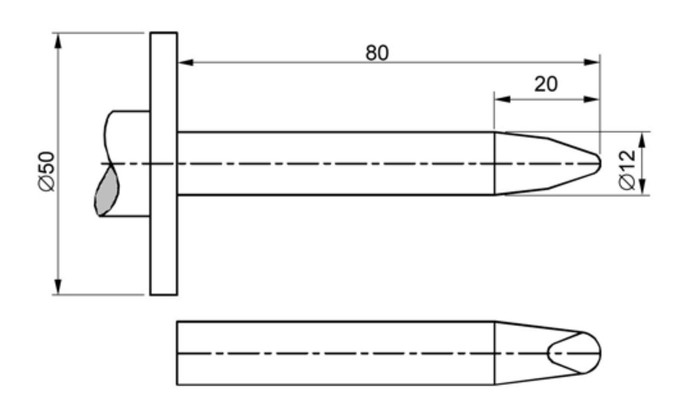
爬电距离 = $d + D$

电气间隙 ——————　　　　爬电距离

附　录　F
（规范性附录）
标准试验指

本附录提供了标准的固定式和铰接式试验指的详细尺寸。它们用以验证人的手指在触及带电部分时是否存在危险。

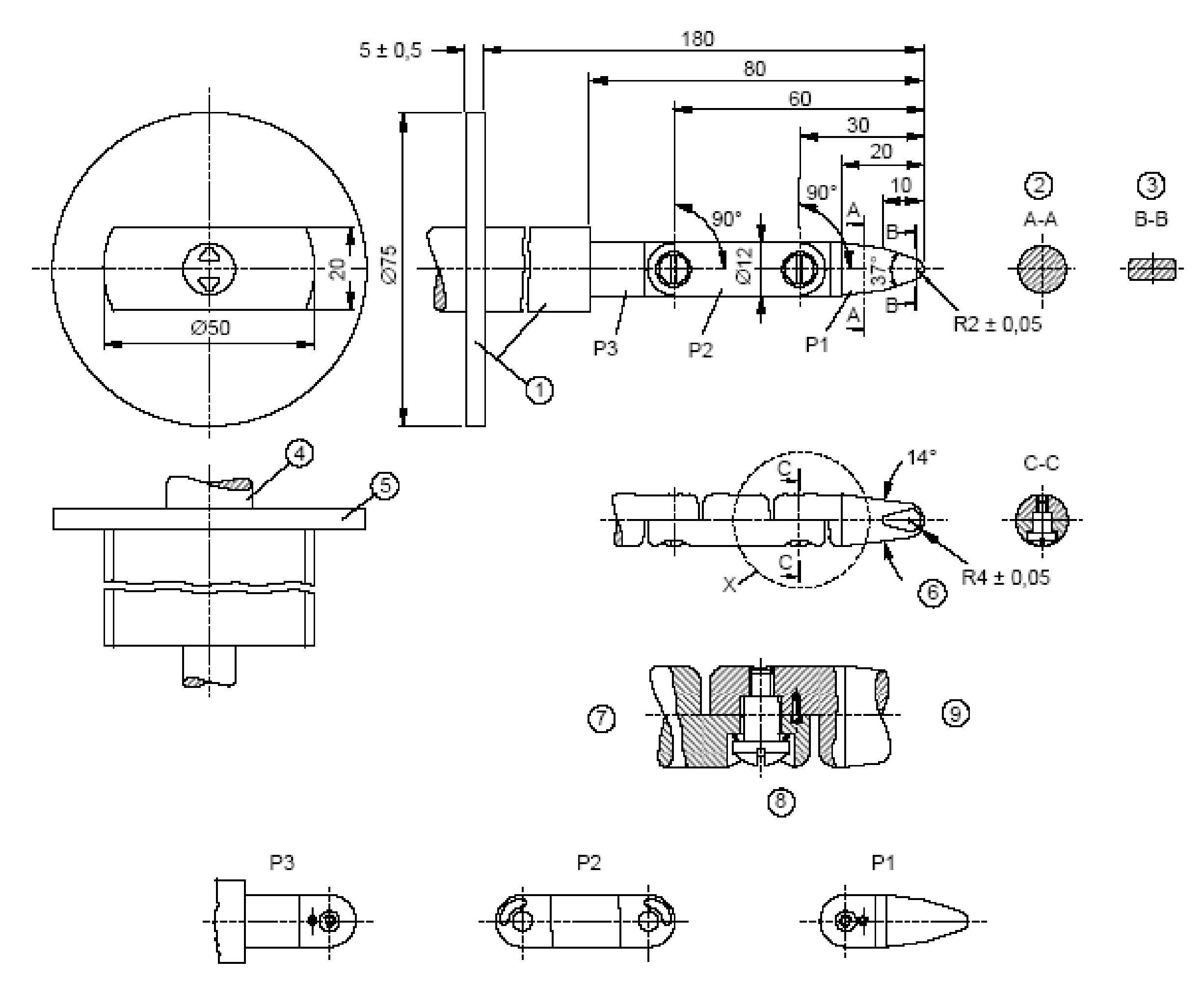
与正文有关的标准试验指的试验见10.5.2.3。



尺寸单位：毫米

公差和指端的尺寸见图F.2

图 F.1　刚性试验指



图解：

1--绝缘材料　　　6--球形

2--截面 A -A　　　7--细节 X （示例）

3--截面 B-B　　　8--侧视

4--手柄　　　　　9--斜切所有边缘

5--挡板

尺寸单位：毫米

未规定公差的尺寸公差：

—— 角度公差：$^{0}_{-10'}$

—— 线性尺寸公差：

≤25 mm：$^{0}_{-0.05}$ mm

＞25 mm：±0.2 mm

试验指的材料：热处理过的钢等。

试验指的两个节点均可以弯折$(90^{+10}_{0})°$，但只能向同一个方向。

采用销钉和凹槽的方案只是用于限制弯折角度为 90° 的可能的方法之一。因此，这些细节的尺寸和公差未在图中给出。实际的设计应保证$(90^{+10}_{0})°$的弯折角。

图 F.2　铰接式试验指

附　录　G

（资料性附录）

冲击电压试验指南

本附录给出了用于本部分规定的设备过电压耐受试验的试验发生器的设计细节。

为了产生10.5.3.1.3中规定的冲击电压，发生器的推荐配置如图G.1 所示，用于1 kV 和5 kV 试验电压的组成元件见表G.1。

表 G.1　试验发生器的元件

试验电压 kV	R_1 kΩ	R_2 kΩ	C_1 μF	C_2 nF
1.0	0.068	0.5	1.0	0.8
5.0	1.8	0.5	0.039	0.8

每个元件参数值的公差为±1%。

用于1 kV和5 kV之外的冲击电压下的元件参数，可由以下表达式算出：

R_1 = 0.068×10^{-3}×V_T^2（Ω）　　　R_2 = 500 Ω

C_1 = 1/V_T^2（F）　　　C_2 = 0.8 nF

其中，V_T的单位为伏特。

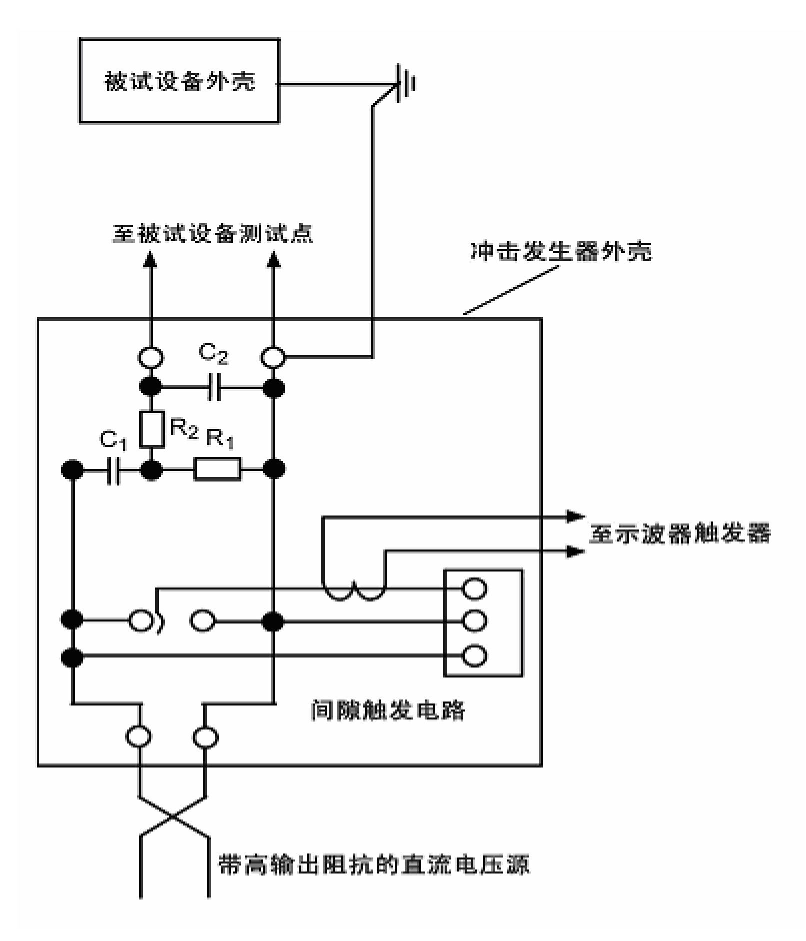


图 G.1　冲击电压试验发生器配置

附　录　H
（资料性附录）
元件

本附录对由于不恰当的设计和布局可能引起安全危险的元件的设计提供了指南。

H.1　概述

出于安全的原因，元件应符合本**部分**的要求，或者符合相关IEC元件标准安全方面的要求。

注1：只有当只有当问题所涉及的元件明显属于某一元件IEC标准的适用范围时，才认为该IEC元件标准是相关的。

连接到保护等电位联结电路、保护特低电压电路或安全特低电压电路，以及连接到特低电压电路或危险电压的部分的元件，应符合下列保护等电位联结、保护特低电压或安全特低电压电路电路的要求。

在正常运行条件下以及单一故障之后，例如基本绝缘层击穿或单个元件的故障，保护等电位联结、保护特低电压或安全特低电压电路呈现的电压应可以安全触及。

注2：不同电源连接于不同部分（线圈和触点）的继电器，是这类元件的一个例子。

制造厂应确保所有与安全有关的元件都符合本标准的安全要求。

关于电池，见8.7.1.1。

与安全有关的元件的规定如下。

H.2　互感器

互感器的类型应适合其预期的应用，并应符合本标准相关的要求，例如符合附录D的电气间隙和爬电距离、5.1.8的适当的固体绝缘和第7章的着火风险防护要求。

H.3　设备一次电路的电容器

用于一次电路的电容器应为自恢复型，以避免受可能出现在直流或交流电源上瞬态电压影响的短路。

为了满足EMC要求的与地之间的去耦，连接于电源导体和保护导体电路之间的电容器应为GB/T 14472中的Y类。用于基本绝缘的电容器，额定耐受电压有效值应为2 000 V历时1min或有效值2 200 V 、1 s。对于双重绝缘的设备，额定耐受电压有效值应为3 250 V历时1 min或有效值3 575 V历时1 s。Y级电容器使用的优先失效模式宜为开路。

连接于两个电源导体之间的电容器应为下列之一：

a)　符合GB/T 14472的X1类电容器；

b)　通过对X1类电容器一样的GB/T 14473－1998中的冲击试验，而试验电压减少至2.5 kV的X2类电容器；

c)　通过GB/T 14472－1998耐受试验的X2类电容器，试验中以220 Ω的电阻短路（见该标准的附录B）。

H.4　绕组器件－互感器、仪用互感器和变换器、电抗器及带多绕组/屏蔽的继电器和接触器的线圈

H.4.1　线圈绕组

为了保持绕组间所要求的最短隔离距离，宜采取措施以防止：

a)　绕组或匝间不期望的位移，尤其是在绕组层的边缘；

b)　在连接处附近发生破损或者连接松动、脱落的情况下，匝间或内部连接不期望的位移。

防止绕组或导线不期望的位移而进行的测量可包括：

a) 在带线圈骨架或不带线圈骨架的绕组的分支处；
b) 线圈骨架不同隔室内的绕组。如果隔室的隔板只是插入就位的，宜确保对插入插入接缝的充分覆盖；
c) 当采用无凸缘的绕组时，由硬质绝缘材料（例如层压板）制成的中间层能充分伸展至绕组之外，或采用带凸缘的线圈骨架时能完全填满凸缘宽度之间的间隙；在后一种情况下，插入点到凸缘之间的空间也应当被充分覆盖；
d) 以绝缘材料完全填充绕组层间的空隙；
e) 防止由多层薄片组成的中间层在宽度方向进入线圈骨架的凸缘，以预防个别的绕组边缘滑脱；
f) 带中间绝缘层的层叠绕组，例如带薄片隔层的层叠绕组；
g) 以胶带或其它合适的绑扎方式对绕组边缘的防护；
h) 采用能够加固或完全填满中间空隙并可靠支撑绕组边缘的材料对绕组进行的填充或浇铸。为充分排除形成的气泡（气泡可能引发局部放电），建议采用真空填充或浇铸。

只有在确保固化之前不发生绕组不期望的位移的前提下，这样的填充或浇铸才可以达到要求的目的。产品缺陷、机械作用或热效会引起此类不期望的位移。

宜注意确保任何电气间隙或爬电距离至少符合5.1.9和附录D中规定的值(它们可能引起气隙扩大以及线圈骨架的连接开裂，或越过中间层，这些不可能通过填充或浇铸有效地消除）。

H.4.2 绝缘箔

如果采用绝缘箔绝缘，此绝缘箔层宜至少有两层以达到基本绝缘的目的。对于加强绝缘，宜至少三层。导线的漆面或釉面绝缘不宜视为对另一个电路或外露可导电部分的绝缘。

H.4.3 插入式保护屏蔽体

同心绕制的绕组之间的保护屏蔽体宜在整个宽度和长度上覆盖相邻绕组，并且（或）绕组之间应有足够的电气间隙和爬电距离。此保护屏蔽体也可由一个设计合理的屏蔽线圈构成。

H.4.4 安全隔离变压器

在保护隔离电路之间的双重绝缘或加强绝缘不产生可能降低绝缘耐受能力的局部放电的条件下，可采用符合GB 13028的安全隔离变压器（遵守GB 13028应用范围的限制条件，例如额定频率<500 Hz）。

500 Hz以上的安全隔离变压器在考虑中。

注： 当根据GB 13028进行安全隔离变压器的电压试验时，存在由于发生局部放电而损坏输入侧与输出侧之间绝缘的危险。上述规定的局部放电试验用于对不适用的变压器的鉴别。

H.5 机电元件

构成不同电路之间接口的机电元件（开关、有或无继电器、接触器、断路器）：

a) 对于封装的机电元件（例如有或无继电器，见 IEC 61810-1），至关重要的一点是，确保可移动部分（例如触点片、触点弹簧之类）的松动或脱离不会导致用于保护分隔的绝缘损坏；
b) 在外部连接产生强电弧的情况下，用于保护分隔的爬电距离宜以保持它们长期绝缘功能的方式设置。例如，可通过保证足够大的物理分隔或通过封装提供防护。

H.6 半导体元件和半导体的配置

不允许采用半导体连接作为电路的隔离防护。

对于半导体的配置（也包括混合电路），例如半导体接触器、电子式互感器和变换器、光耦器件、隔离放大器、紧凑型电源等，如果它们的设计能够通过合适的电压耐受试验而没有电痕化，则允许采用基本绝缘和加强绝缘。可采用绝缘电阻试验确定是否发生有害的电痕化。

用于保护分隔的能量或信息转换接口宜满足对线圈（依据H.4.1）或对光耦器件的要求。

激光元件应符合GB 7247.1的要求。

H.7 连接器和接线座

连接器内部的连接线或电气连接装配的绝缘可省略，或者由不相连的引出端或引出点（例如形成间隔）的方法实现。引出端或引出点的弯曲或损坏不宜使该绝缘削弱到不再满足基本绝缘要求的程度。

IEC 62103:2003的5.2.8.5.和7.1.9中的要求适用于不具备互换性和极性颠倒的连接器防护。

对用于组件和装置连接的接线座（除了足够的电气间隙和爬电距离之外），还要求采取额外措施以有效预防对此类设备无意的错误连接。这些措施宜最少通过下列之一实现：

a） 至少一个端子夹宽度的隔离间隔；

b） 一个未连接的端子夹；

c） 一个连接于保护接地导体的端子夹；

d） 一个延伸至连接侧的端子之上的中间绝缘片；

e） 一个延伸至连接侧的端子之上的保护屏蔽体；

f） 为这些电路选用不同大小的端子；

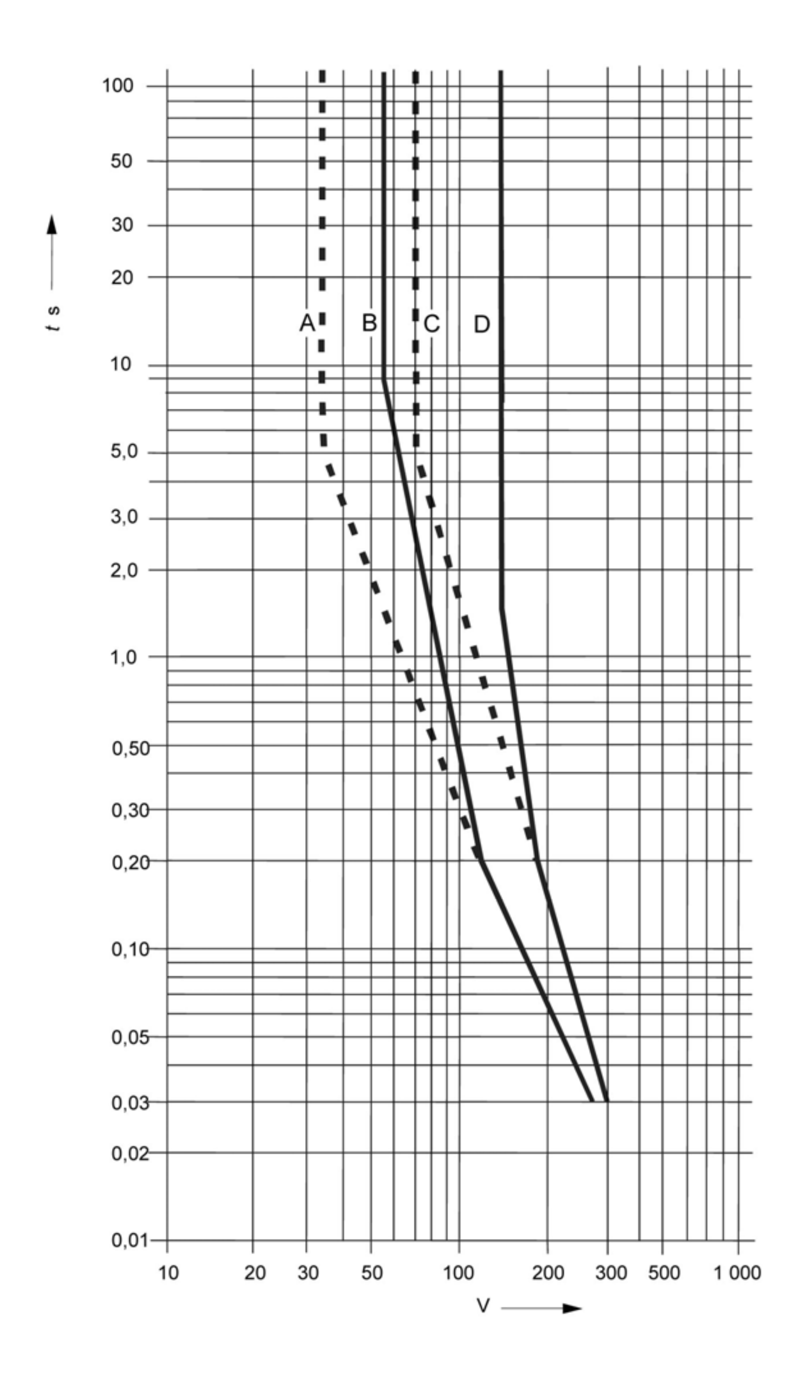
g） 采用非常明显的标识，例如外观上的色彩代码。

又见8.2。

当切断连接器和接线座的连接，以及切断、松开或分离一根引线的机械动作发生危险，而使该绝缘可能受损而不再满足基本绝缘的要求时，宜采取有效的措施防止此类伤害。

附　录　I
（资料性附录）
单一故障条件下最大的安全短时电压持续时间和电容值

本附录提供了确定单一故障条件下最大安全短时持续电压，以及正常操作和单一故障条件下相对于不同电压值的最大安全电容值的曲线图。

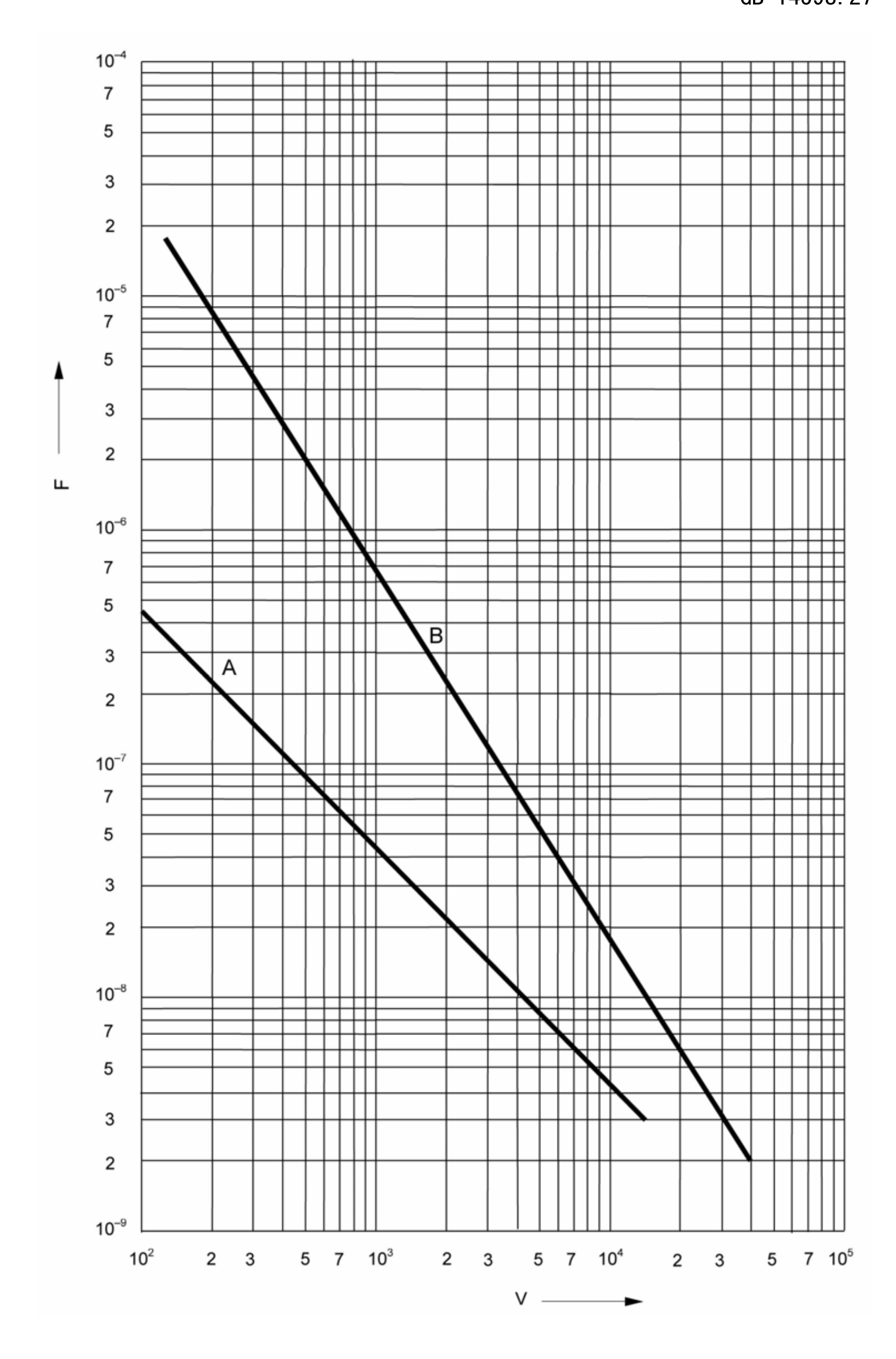


图解：

A　潮湿条件下的交流电压限值　　C 潮湿条件下的直流电压限值

B 干燥条件下的交流电压限值　　D 干燥条件下的直流电压限值

图 I.1　单一故障条件下短时暂态可接近电压的最长持续时间



图解：

A --正常操作

B --单一故障条件

图 I.2 正常运行和单一故障条件下的充电电容限值

附　录　J
（资料性附录）
外部配线端子

本附录为本部分范围内设备的外部配线端子提供指南。

J.1　永久连接的设备

永久连接的设备应具备：

a)　一套端子；或

b)　一条不可分离的电源电缆。

用于永久连接的设备和带有不可分离电源电缆的设备，它们的端子应通过螺钉[14)]、螺母或具有同等效用的器件连接以达到机械安全。

除了对辅助电源和保护导体的连接之外，这也适用于电流互感器和电压互感器的连接。它还适用于电压超过ELV的输入和输出连接。

夹紧外部电源导体的螺钉和螺母应具有符合GB/T 193或GB/T 9144的螺纹或可匹配的螺距以及力学强度（例如统一标准的螺纹）。

螺钉和螺母不应用作夹紧元件。然而，倘若它们不太可能以电源或保护导体的接入或切除的方式配置时，允许夹紧内部导体。

电源电缆的应用要求是：

a)　假设两处独立的安装不会同时松动；

b)　夹紧的导体应具有机械保持性，例如借助绝缘夹或在此端子附近的附加的紧固。

通过目测验证与J.1的符合性。

J.2　导体

端子应允许连接具有表J.1中所示的额定横截面积的导体。

采用更大规格导体的地方，端子的大小应与之符合。

验证是否符合要求的方法是进行检查及装配具有表J.1中所示适当范围内最小和最大横截面积的电缆。

表　J.1　端子可接受的导体尺寸范围

电缆终端的应用	推荐的电缆尺寸 mm^2
CT 电路	2.5 ～ 6.0
告警和信号，例如 SCADA	最小 0.5
通信电路，例如 RS232	由制造厂推荐
其它电路，例如 VT 电路、辅助电路等	1.0 ～ 2.5

J.3　端子

端子应具有表J.2中所示的最小尺寸。螺栓状端子应带垫圈。

IEC 原注：

14）具有锁紧垫圈的螺钉或螺母，或者不仅仅以钎焊进行机械紧固的金属线被认为不易松动。

表 J.2 螺栓或螺钉直接紧固的电源导体的端子尺寸

设备的额定电流	最小标称螺纹直径 mm	
	接线柱或螺栓的尺寸	螺钉尺寸[a, b]
≤10 A	3.0	3.5
10 A ～16 A	3.5	4.0

[a] 螺钉尺寸是指具有或没有垫圈的螺钉头下面夹住导体的端子。这也不排除通过其它方法采用较小螺钉尺寸对导体的间接紧固，例如“笼式弹簧夹”。

[b] 如果螺钉尺寸不能满足这些要求，制造厂有必要通过型式试验验证其符合性。在最大电流和最高环境温度下的综合温度不应超过所用材料的额定值。端子应保持机械上的可靠。

端子在设计上应使其能以足够的接触压力将导体夹持在金属表面之间而不会损伤导体。

端子的设计或定位应在拧紧夹紧螺钉或螺母时导体不能滑脱。

端子的固定应在拧紧或松开导体时确保：

a) 端子本身不松动；

b) 内部配线不受力；

c) 爬电距离和电气间隙不至低于附录D中的规定值。

以目测和测量验证与J.3的符合性。

对于普通的不可拆的电源电缆，每个引出端均宜就近固定在对应的端子或具有不同电位的接线端上。

以目测检验不可拆的电源电缆的符合性。

附 录 K
（资料性附录）
电池保护示例

本附录给出了在单一故障条件下，为降低过热或爆炸危险的电池保护的典型示例。

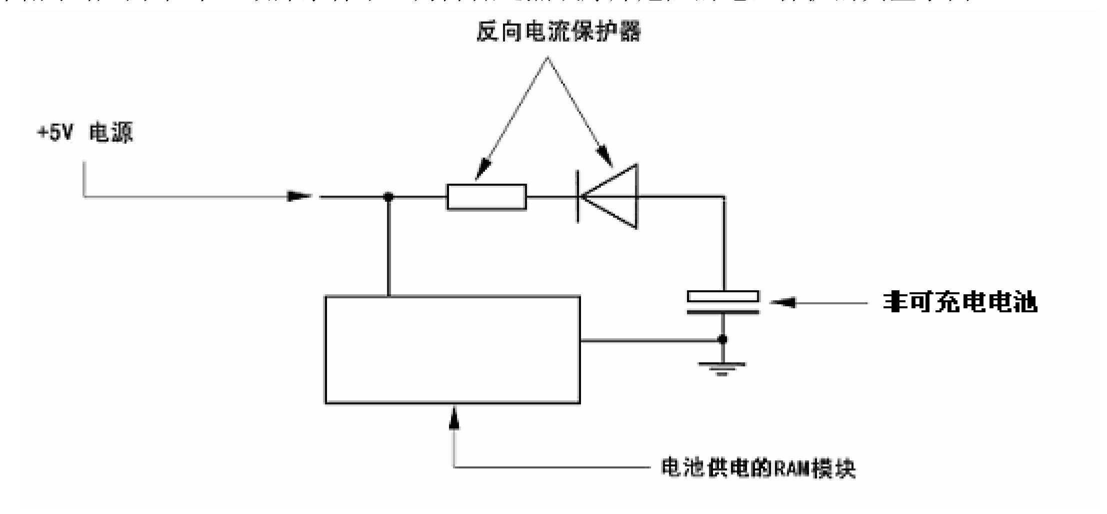


图 K.1 非可充电电池保护

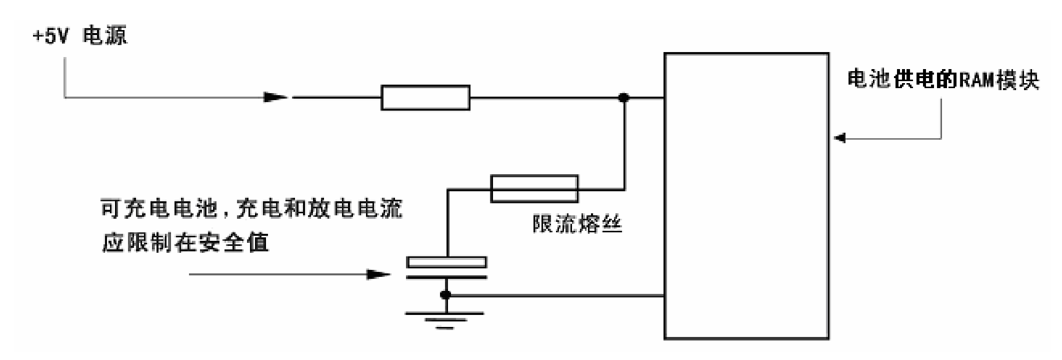


图 K.2 可充电电池保护

附 录 L
（资料性附录）
功能性安全不属于本部分范围的原因

本附录给出了功能性安全要求不属于本标准范围的原因。

L.1 概述

由本部分覆盖的所有设备均依据IEC 60255系列产品标准设计，并符合这些标准。

依照本产品安全标准设计并符合它的所有设备，不会出现电击或着火风险。

L.2 产品和安全方案

L.2.1 正常运行的操作

安全运行方案超出单独的产品范围以外，并且宜由运行（应用）方案的设计者对该方案进行设计。设计者宜采用良好的防护措施并遵循现场安全运行规程进行方案设计。

L.2.2 调试、维护中的可接近

安全运行方案是方案设计者的责任，它不在单独的产品范围内考虑，通常是通过可更换的熔断器或微型断路器与连接线的组合达到，以保证产品及其配线网络完全隔离，使得持相应岗位资格证书的工程技术人员在维护（检定）时可接近。宜将L.2.2编入产品文件的调试与维护部分，并参考9.2以确定是否有必要在产品文件中增加任何其它相关信息。

L.3 功能性安全系统

通过提供多重冗余的后备保护运行设计并由用户成套的量度继电器和保护装置的一体化系统，由一个以上的设备动作来切除电力系统故障。任何第一套保护（断路器）组合的拒动由第二套（后备）保护（断路器）组合的及时动作来弥补。冗余通过用户在保护系统的设计和设备整定时来实现。可能有多重的冗余保护配置，例如，第一套和第二套主保护分别采用独立的熔断器供电。而通常在第一套和第二套保护中采用不同的保护算法。

L.4 功能可靠系统

若一个系统在功能上必须可靠的，它应配置后备设备作为双重系统的一部分，在双重系统的一个分支出现故障的情况下，以接替该系统的控制权。

对于一个功能可靠的系统，它不仅仅依赖于具有GB/T 20438.1功能性安全标准的SIL等级的设备。单独的一个设备决不能保证在所承诺的寿命期内不会失效。

L.5 变电站类型的环境

L.5.1 限制接近的区域

变电站的环境类型是一个限制接近的区域，一般情况下关闭，只有持适当的资格证书的工程技术人员在准许工作时才允许进入。当需要执行具体操作时，设备的操作和试验通常由签发许可的系统运行人员控制，并且当需要执行具体操作时，通常需要保留许可和操作的详细记录。

L.5.2 人员培训

对于变电站这样的正规环境，只有具备潜在风险意识和经过现场安全运行规程培训的人员才允许在这样的环境中工作。在变电站内，根据工作人员的不同的工作级别和权限来授权。

L.5.3 制定现场安全运行规程

每个国家（或电力公司）已制定了成文的现场安全运行规程，以保证人员作业或进入变电站类型环境的安全。这些现场安全运行规程是强制性的并严格遵守、不得违反。

在通常情况下，变电站内工作人员不在带电设备上工作。

当需要在带电母线上安全地作业而又没有采取带电作业的预防措施时，隔离带电母线并通过将它们接地以确保安全。断路器或锁定在断开状态，或以操动机构操作，使其仅能通过手动或独立的操动马达实现合闸操作。

其它有关安全运行规程的信息如下：

a) 图 L.1 和图 L.2 给出了在严格的安全程序之下的断开和接地实现带电线路安全的方法。不仅是连接到断路器的电路，各种带电线路均由合格的人员以同样的断开方法以实现安全；

b) 对需要在带电线路环境中工作的人员进行安全作业方法的专门培训，例如，绝缘（隔离）工具、绝缘橡胶垫、绝缘靴和绝缘手套的使用等。

综上概述，当具备资格的人员在可能实施带电线路隔离作业时，本标准所涉及的设备不宜依赖于单一的路径系统作为功能性安全的措施。

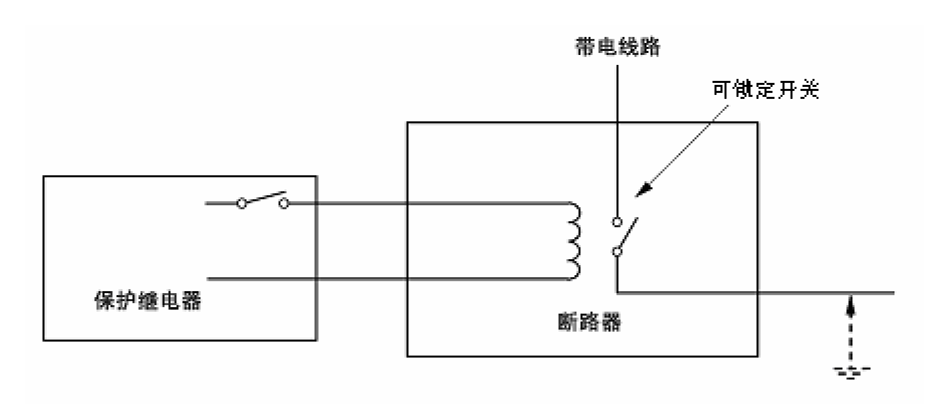


图 L.1 保护继电器使断路器断开带电线路的简明方框图，断开的带电线路通过接地后达到安全

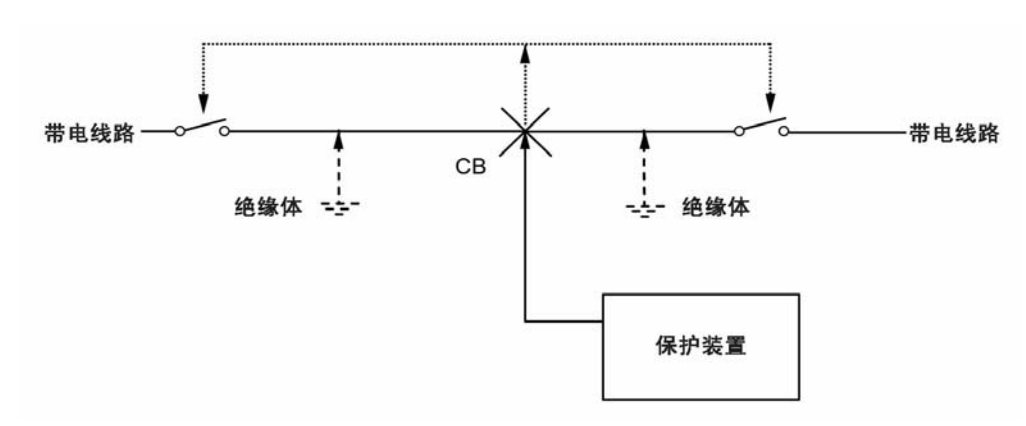


图 L.2 通过与断路器机械联动或机电联动的隔离开关隔离的带电线路，断开的带电线路通过后接地达到安全

附录M[13]

（资料性附录）

单一故障条件的概念、评估和试验

M.1　单一故障条件的基本概念

M.1.1　正常条件

正常条件是指预期使用并且没有故障的条件。

注：预期使用是根据供方提供的信息对产品、过程或服务的使用。

M.1.2　单一故障条件

由于任何绝缘（双重绝缘或加强绝缘除外）或任何元器件（具有双重绝缘或加强绝缘的元器件除外）的失效引发，产生下列任何一种情况时，均认为是单一故障（条件）：

—— 可触及的非危险带电部分变成危险的带电部分（例如，限制稳态接触电流和电荷的措施失效）；
—— 在正常条件下可触及的不带电的可导电部分变成危险带电部分（例如，由于外露的可导电部分的基本绝缘损坏）；
—— 危险带电部分由不可触及变成可触及（例如，防护外壳的机械损坏）；
—— 发生引燃或着火。

注：由单一故障引起的所有的继发性故障均应视为单一故障不可分割的组成部分。

M.2　产品安全设计的原则

在正常条件下和单一故障条件下，产品不应产生电击危险，也不应产生着火风险。

M.3　单一故障的起因及防护方法

M.3.1　电击危险的起因及防护方法

电击危险的起因及其防护方法见表M.1。

表M.1　电击危险的起因和防护方法

序号	电击危险的原因	防护方法
1	直接接触危险带电部分	遮栏或阻挡物
2	绝缘破坏	提供可靠的绝缘
3	外露可导电部分成为危险带电部分	可靠接地
4	间接接触危险带电部分	外壳防护
5	布线系统的导线开脱	导线紧固、防松及绝缘的保持
6	电容器存储电荷的放电	电容器放电控制在危险范围以下
7	意外接触	配置对意外接触防护的速断装置
8	带电维护	安全联锁装置

M.3.2　着火风险的起因及防护方法

着火风险的起因及防护方法见表M.2。

采标注：

13 为便于对“单一故障条件”的理解和本标准的实施，特增加本附录。本附录是依据GB/T 17045－2006和欧洲计算机协会标准ECMA 287等标准，并与本标准中的相关内容整合后编制的。

表 M.2　着火风险的起因和防护方法

序号	着火风险的起因	防护方法
1	正常条件下着火	• 限制易燃材料的温度 • 限制可能的桥接 • 限制外部导电零部件进入设备内部
2	在异常情况下的着火	• 限制易燃材料的温度
3	在异常情况下的着火蔓延	• 阻止着火蔓延
4	在异常情况下的着火及着火蔓延	• 阻止着火 • 阻止着火蔓延
5	过热、导线的不良连接	• 采用正确的导线 • 采用正确的导线护套 • 正确使用端子 • 正确配置电源输入插座
6	存在可燃性固体、液体、气体、蒸汽和引燃源	• 采用低可燃性的代用材料 • 将可燃性材料与引燃源隔离 • 采用排风设施减小可燃气体聚积 • 对可能的危险张贴警示标记

M.4　设计要求

M.4.1　电击防护设计要求

电击防护的设计要求简述如下：

1）可触及的导电部分应以加强绝缘或双重绝缘与危险的带电部分实施隔离。否则，应与保护接地端子或接地极相连；

2）装置的前部采用防护等级最少是 IP20 的外壳，以防在运行时触及内部的危险带电部分；

3）装置外壳实现导电性互连并可靠接地，采用齿形垫圈是实现导电连续性的有效方法；

4）在装置运行中气候的、机械的、电气的、热的作用下，电气绝缘应得到有效的保持；

5）保护导体的最小截面应满足表 M.3 的要求，保护连接导线为黄绿双色；

表 M.3　保护导体的最小截面积

单位为平方毫米

电路上的导线截面积 S	相应的保护导体的最小截面积
＜16	S
＞16～35	16
＞35	$S/2$

6）在工作、运输及贮存的环境中，实现导电性互连的各连接点不应因化学的和电化学的原因产生腐蚀。可采用电镀或涂覆涂层的方法实现防腐，合理选择接触面的金属材料或镀层以获得合理的电化学组合；

7）当采用插头插座作为保护连接时，保护连接不应在带电部件断电前断开。当重接保护导体时，应在带电部件连接前重接或至少同时重接；

8）设计安全联锁装置，保证在进入、打开或取下外壳时，触及任何危险带电部分之前已没有电击危险。

M.4.2　着火风险防护设计要求

M.4.2.1　正常条件下的着火

1）限制易燃材料、元器件达到引燃温度；

2）确保足够的电气间隙和爬电距离；

3）限制可能的导电性桥接；

4）限制导电零部件进入设备内部造成的短路。

M.4.2.2 单一故障条件下的着火及着火蔓延

1）限制引燃材料的温度；

2）采用 V-1 级及以上材料。

M.4.2.3 单一故障条件下的着火蔓延

设置防火挡板或外壳。

M.4.2.4 限制着火及着火蔓延

1）无引燃材料和器件，例如采用 V-1 级及以上材料；

2）设置防火挡板或外壳。

M.4.2.5 单一故障条件下的着火

1）限制引燃材料的温度；

2）采用 V-1 级及以上材料

M.4.2.6 单一故障条件下的着火蔓延

设置防火挡板或外壳。

M.4.2.7 过热或电源线、导线的不良连接

1）选用适当的电源软线；

2）选用适当的电源软线护套；

3）正确选用接线端子；

4）正确选用电源输入插座；

5）合理选用导线；

6）设备的所有电气连接点实现可靠连接；

7）避免一切过热。

M.4.2.8 存在可燃的固体、液体、气体、蒸汽和引燃源而可能引起着火和爆炸

1）选用低可燃性的材料；

2）可燃性材料与引燃源隔离；

3）采用排风措施减少可燃气体聚集；

4）对可能的危险提供警示标志。

M.4.2.9 元器件、零部件及其材料的防火

1）正确选择材料，例如金属材料、达到一定要求的阻燃性工程塑料；

2）正确选择元器件，使之达到：

——元器件的功率对其实际功率有一定的冗余；

——对元器件的过负荷有适当的保护措施；

——由元器件的最大故障功率限制其自燃。

3）利用通风、散热设计或热屏蔽措施防止元器件着火，例如通风机、散热器、防火隔板、防火外壳等；

4）保持发热元器件与热敏感器件之间有足够的距离，以便散热；

5）确保电气连接的可靠性，以降低因接触不良造成的火花、闪烙、飞弧等；

6）利用附加的装置或电路对危险元器件或电路保护，例如限压或限流装置；

7）采用着火蔓延的防护设计。

M.5 单一故障的评估和试验

M.5.1 单一故障条件的评估

单一故障条件的评估宜尊照以下原则进行：

1）任何单一故障试验的需求将依据单一故障条件的评估结果确定；

2）应通过检查设备、电路图和元器件规范来确定出可以合理预计到会发生的那些故障条件；

3）检查设备及其电路图以发现易导致电击或着火风险的故障状态。

具备以下条件的设备，可以免除相关的单一故障试验：

1）满足本标准M.4设计要求的；

2）在干燥条件下电压不超过33 V（交流）或70 V（直流），潮湿条件下电压不超过25 V（交流）或37.5 V（直流）的电路；

3）在任何负载及短路条件下持续输出2 min以上、电流限制在0.2 A以下的电路。

M.5.2 单一故障试验

M.5.2.1 单一故障试验的选择

根据单一故障的评估结果，可在M.5.2.2中选择合适的单一故障试验。

M.5.2.2 单一故障试验项目

M.5.2.2.1 保护阻抗

对保护阻抗的单一故障试验如下：

——多元件组成的保护阻抗分别断开或短路（按最不利的一种）；

——由基本绝缘和一个限压或限流器件组成的保护阻抗，基本绝缘短路，限压或限流元件短路或断开（按最不利的一种）；

——高集成度元件的保护阻抗无需短路或断开。

M.5.2.2.2 短时或间歇运行的设备或部件

对短时或间歇运行的设备或部件的单一故障试验如下：

——在故障状态下，短时或间歇运行的设备或部件会连续运行，例如电动机、继电器、加热器、磁性元件等；

——对这些器件连续运行进行单一故障试验。

M.5.2.2.3 互感器

对互感器的单一故障试验如下：

——对一次绕组和非一次绕组及多抽头绕组分别进行模拟短路试验；

——所有其它绕组带或不带负载（按最不利的一种）；

——一次和二次间是加强或双重绝缘的不进行短路试验；

——直接与线圈连接的限流阻抗或保护器件的负载侧也进行短路试验。

M.5.2.2.4 输出

对设备输出的单一故障试验如下：

——每一输出分别进行短路试验。

M.5.2.2.5 绝缘

对绝缘输出的单一故障试验如下：

——对可能发生着火的功能性绝缘进行短路试验；

——对小于规定的电气间隙和爬电距离的一次电路进行桥接试验；

——附加绝缘、加强绝缘和双重绝缘无需进行短路试验。

M.5.2.2.6 一次电路和带危险电压的非一次电路

对一次电路和带危险电压的非一次电路的单一故障试验如下：

——以短路或开路施加于一次电路和具有危险电压的非一次电路。

M.5.2.2.7 过负荷

对过负荷的单一故障试验如下：

——对过负荷敏感的元件或电路，易产生着火风险或电击；

——以最不利的负载阻抗施加于功率或信号输出端子；

——如果是多个引线，可只施加一个。

M.5.3 单一故障试验的持续时间

对单一故障试验的时间要求如下：

——2 h；

——2 h 结束时，如果有迹象表明可能发生电击或着火风险，最长可延长至 4 h。此时，如果没有电击或着火风险，则判定为单一故障试验合格。

参考文献

GB/T 193　普通螺纹　直径与螺距系列(GB/T 193－2003，ISO 261:1998　通用米制螺纹　螺钉、螺栓和螺母的尺寸选择，MOD)

GB/T 2424.2　电子产品环境试验　湿热试验导则（GB/T 2424.2－2005，IEC 60068-3-4:2001，IDT）

GB/T 2893.1 图形符号　安全色和安全标志　第 1 部分:工作场所和公共区域中安全标志的设计原则（GB/T 2893.1－2004，ISO 3864-1:2002，MOD）

GB 4793.1　测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分:通用要求（GB 4793.1-2007,IEC 61010-2001,IDT）

GB/T 5169.12－2006　电工电子产品着火危险试验　第 12 部分：灼热丝／热丝基本试验方法　材料的灼热丝可燃性试验方法（IEC 60695-2-12:2000, IDT）[14]

GB/T 5169.13－2006 电工电子产品着火风险试验　第 13 部分：灼热丝／热丝基本试验方法　材料的灼热丝起燃性试验方法（IEC 60695-2-13:2000, IDT）

GB/T 9144　普通螺纹　优选系列（GB/T 9144－2003，ISO 262:1998，MOD）

GB 13028　隔离变压器和安全隔离变压器 技术要求(GB 13028－1991，eqv IEC 60742:1983)[14]

GB/T 14472　电子设备用固定电容器　第 14 部分：分规范　抑制电源电磁干扰用固定电容器(GB/T 14472－1998，idt IEC 60384-14：1993)

GB/T 14598.3　电气继电器　第 5 部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验（GB/T 14598.3－2006，IEC 60255-5:2000，IDT）

GB/T 15835－1995　出版物上数字用法的规定[14]

GB/T 17045－2006　电击防护　装置和设备的通用部分（IEC 61140:2001,IDT）[14]

GB/T 20438.1　电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全　第 1 部分：　一般要求（GB/T 20438.1－2006，IEC 61508-1:1998，IDT）

IEC 60112:2003　固体绝缘材料相比电痕化指数和耐电痕化的测定方法

IEC 60384-14　修改件 1（1995）

IEC 60255　(所有部分)　电气继电器[14]

IEC 61558（所有部分）　电力变压器、电源和类似设备的安全

IEC 61810-1:2003　电磁式基础继电器　第 1 部分：通用和安全要求

IEC 62103:2003　电力设施用电子设备

ISO 262:1998　通用米制螺纹　螺钉、螺栓和螺母的尺寸选择

ISO 4046（所有部分）纸、纸板和纸浆术语－词汇

ISO 9772:2001　泡沫塑料　承受小火焰的小型样品的水平燃烧特性的确定

ECMA 287　电子设备的安全[14]

采标注：

14　IEC 原文中未列出的标准。考虑到在本标准中出现或与本标准相关，为便于查询而增加。